



**Fernando Manuel
Couto Silva**

**Bases de dados de formulações de cor para tintas
decorativas**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Química, realizada sob a orientação científica do Prof. Doutor Tito da Silva Trindade, Professor Associado do Departamento de Química da Universidade de Aveiro e da Dr.^a Ema Cristina Fernandes Alvim de Castro, coordenadora do departamento de colorimetria da CIN.

O júri

Presidente

Prof. Doutora Maria Inês Purcell de Portugal Branco

Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro

Doutora Maria Paula Seabra

Investigadora Auxiliar do CICECO-Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Tito da Silva Trindade

Professor Associado com Agregação da Universidade de Aveiro

Agradecimentos

Depois de todo o caminho percorrido na elaboração deste projeto, não podia deixar de lembrar todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para esta etapa da minha vida.

Em primeiro lugar quero agradecer a oportunidade que a CIN me deu para a realização deste projeto, disponibilizando todos os meios para a sua concretização.

Adicionalmente, gostaria de agradecer à Dr.^a Ema Alvim e ao Professor Tito Trindade, pelas orientações e conselhos prestados no decurso deste trabalho.

Agradeço a todos os colaboradores da CIN, em especial às colaboradoras do departamento de colorimetria, pelo bom acolhimento e auxílio prestados.

Nesta fase final de curso não posso esquecer aqueles que me acompanharam durante estes anos, Anselmo, Bianca, Daniela, Sandra, Tânia e Tiago, obrigado pela amizade e apoio demonstrados durante todo este tempo.

Sem também esquecer os meus pais, o meu irmão e a Márcia, que foram o meu suporte, não só na realização deste projeto, como ao longo da minha vida.

Palavras-chave

Cor; Sistema Tintométrico; Teoria de Kubelka-Munk; Pastas de Pigmentos; Sistema CIELab

Resumo

A cor está presente em tudo o que nos rodeia, e é, na generalidade, um fator determinante em diversos acontecimentos e fenómenos, não somente sobre os que respeitam à atividade humana, mas dos seres vivos em geral. Na indústria das tintas é incontestável a importância que a cor apresenta, pois o sucesso dos produtos que dessa indústria resultam, passa, seguramente, pelas características da cor que apresentam. Sendo, portanto, vital para esta indústria o estudo das cores. Neste contexto a empresa CIN revela o interesse no estudo da cor, procedendo à criação de bases de dados de formulação de cor para os seus produtos. Surgindo o presente trabalho como demonstração desse mesmo estudo, contribuindo com os resultados da criação e otimização de bases de dados de formulação de cor, que serão utilizadas como ponto de partida para a afinação da cor.

Neste trabalho, descrevem-se algumas das teorias essenciais para a análise às propriedades das cores, bem como o procedimento da criação e otimização das bases de dados que, de forma sucinta, consiste no armazenamento das propriedades óticas das pastas pigmentos utilizadas para a produção de cor nos produtos, através do *software* adequado, que neste caso se baseia na teoria de Kubelka-Munk, e, posteriormente procedendo à reprodução de formulações de cor e consequente avaliação. A avaliação é feita recorrendo aos métodos de diferença de cor do sistema CIELab. Se necessário, o ajuste das pastas pigmentos no *software* é feito através da força pigmentos da pasta de pigmentos, voltando a ser reproduzidas formulações de cor para as mesmas cores padrão, e avaliadas novamente.

O trabalho proposto foi concluído com sucesso, tendo sido, para o efeito, construídas e otimizadas três bases de dados que disponibilizam formulações de cor, com pequenas diferenças, relativamente à cor pretendida.

Keywords

Colour; Tinting System; Kubelka-Munk theory; Colorants; CIELab system

Abstract

The colour is present in everything that surrounds us, and generally, it is a determinant factor in many events and phenomena, not only regarding human's activity, but also on all living beings' actions.

In the paint industry is undeniable the importance of the colour, bearing in mind that the success of the products that arise from this industry depends on the characteristics of the colour. For this reason, it is vital, for this kind of Industry, assure the necessary analyses for the colour's development.

In this context, CIN (the company) reveals its interest in the study of the colour. For that purpose, the company has proposed the creation of databases with the intention of formulating colour for their products.

This work should consist in a demonstration of that investment and, consequently, its results based on the creation and optimization of those databases.

In this work, some theories about the colour's properties are described, as well as the procedure of creating and optimizing the database. The process regarding the database includes saving the optical properties of the colorants on the database, using software that applies the Kubelka-Munk theory to obtain thus properties. The next step is the optimization of the database that consists in the production of coloured paints with the formulation provided by the software. This colour is evaluated using the CIELab system based in differences of colour method, if necessary is possible to modified the colour strength of the colorant in the software, and, than, the coloured paints returned to be reproduced and evaluated.

The proposed work has been completed successfully, and as a result, three databases were created and optimized giving predictions with insignificant differences to the standard colour that was set out as a target.

Índice

Índice de figuras	XIII
Índice de tabelas.....	XV
Lista de Símbolos	XVII
Lista de abreviaturas.....	XIX
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento do projeto	1
1.2. Cor	1
1.2.1. O que é a Cor?	1
1.2.2. Fontes luminosas	2
1.3. Tintas.....	4
1.3.1. Cor nas tintas	6
2. Métodos e Instrumentação	9
2.1. Instrumentos de medição de cor	9
2.1.1. Colorímetros	9
2.1.2. Espectrofotómetros.....	10
2.2. Influência da absorção e dispersão no espectro.....	11
2.2.1. Teoria de Kubelka-Munk	11
2.2.2. Teoria dos 4 fluxos	13
2.3. Classificação das cores	14
2.3.1. Sistema de Munsell.....	15
2.3.2. Sistema NCS	16
2.3.3. Sistema CIE	17
2.3.4. Sistema CIELab.....	19
2.3.5. Sistema CIELch	20
2.3.6. Sistema CMC.....	21
2.4. Base de dados de formulação de cor e Software utilizado	21

2.5.	<i>Metodologia de trabalho</i>	22
3.	Resultados e discussão	25
3.1.	<i>Produto PDA</i>	26
3.1.1.	Base P	26
3.1.2.	Base M	28
3.1.3.	Base D	29
3.1.4.	Base ED	31
3.1.5.	Base TR	32
3.2.	<i>Produto PDB</i>	34
3.2.1.	Base P	35
3.2.2.	Restantes bases	36
3.3.	<i>Produto PDC</i>	37
3.3.1.	Base ED	38
3.3.2.	Base TR	40
4.	Conclusões	43
5.	Bibliografia	45
Anexo A – Apresentação da empresa		1
	Missão e estratégia	1
	Principais acontecimentos históricos.....	2

Índice de figuras

Figura 1 - Exemplos de espectros de Iluminantes (4).	3
Figura 2 - Esquema representativo de um colorímetro (8).	9
Figura 3 - Exemplos de óticas (10).	10
Figura 4 - Esquema de uma camada de tinta (baseado em (13)).	12
Figura 5 – Esquema representativo dos fluxos (12).	13
Figura 6 – A) Representação do espaço do sistema de Munsell; B) Representação das tonalidades existentes no sistema de classificação de cores de Munsell; C) Representação das várias cores na tonalidade 5R (10).	15
Figura 7 – A) Representação do espaço do sistema NCS; B) Representação das cromaticidades puras existentes no sistema de classificação de cores de NCS; C) Representação das várias cores na cromaticidade Y10R (15).	16
Figura 8 – Pontos das funções representativas de cor, disponibilizados pela CIE (4). ..	17
Figura 9 - Diagrama de cromaticidade (14).	18
Figura 10 - Representação do espaço CIELab (10).	19
Figura 11 – Comparação entre o espaço CIELab e o espaço CIELch (10).	21
Figura 12 - Esquema da metodologia de trabalho.	22
Figura 13 - A) Padrão NCS S 1515 B20G; B) Primeira reprodução do padrão NCS obtida pela base de dados sem qualquer alteração; C) Reprodução do padrão com a base de dados otimizada.	27
Figura 14 - A) Padrão NCS S 2010 Y30R; B) Primeira reprodução do padrão NCS obtida pela base de dados sem qualquer alteração; C) Reprodução do padrão com a base de dados otimizada.	29
Figura 15 - A) Padrão NCS S 3020 G50Y; B) Primeira reprodução do padrão NCS obtida pela base de dados sem qualquer alteração; C) Reprodução do padrão com a base de dados otimizada.	30

Figura 16 - A) Padrão NCS S 6010 Y10R; B) Primeira reprodução do padrão NCS obtida pela base de dados sem qualquer alteração; C) Reprodução do padrão com a base de dados otimizada.	32
Figura 17 - A) Padrão NCS S 4050 Y80R; B) primeira reprodução do padrão NCS obtida pela base de dados sem qualquer alteração; C) Reprodução do padrão com a base de dados otimizada.	33
Figura 18 - A) Padrão NCS S 1010 G40Y; B) Primeira reprodução do padrão NCS obtida pela base de dados sem qualquer alteração; C) Reprodução do padrão com a base de dados otimizada.	35
Figura 19 - A) Padrão NCS S 6010R10B; B) Primeira reprodução do padrão NCS obtida pela base de dados sem qualquer alteração; C) Reprodução do padrão com a base de dados otimizada.	39
Figura 20 - A) Padrão NCS S 2040Y70R; B) Primeira reprodução do padrão NCS obtida pela base de dados sem qualquer alteração; C) Reprodução do padrão com a base de dados otimizada.	39
Figura 21 - A) Padrão NCS S 3020R90B; B) Primeira reprodução do padrão NCS obtida pela base de dados sem qualquer alteração; C) Reprodução do padrão com a base de dados otimizada.	40
Figura 22 - A) Padrão NCS S 6020R10B; B) Primeira reprodução do padrão NCS obtida pela base de dados sem qualquer alteração; C) Reprodução do padrão com a base de dados otimizada.	41
Figura 23 - A) Padrão NCS S 3040G10Y; B) Primeira reprodução do padrão NCS obtida pela base de dados sem qualquer alteração; C) Reprodução do padrão com a base de dados otimizada.	42
Figura 24 - A) Padrão NCS S 4040R80B; B) Primeira reprodução do padrão NCS obtida pela base de dados sem qualquer alteração; C) Reprodução do padrão com a base de dados otimizada.	42

Índice de tabelas

Tabela 1 - Resultados finais do ajustamento na base P do produto PDA.....	27
Tabela 2 – Exemplos de diferenças de cor registadas nas reproduções do produto PDA para a base P.	28
Tabela 3 - Resultados finais do ajustamento na base D do produto PDA.	30
Tabela 4 – Exemplos de diferenças de cor registadas nas reproduções do produto PDA para a base D.....	31
Tabela 5 - Resultados finais do ajustamento na base ED do produto PDA.....	31
Tabela 6 – Exemplos de diferenças de cor registadas nas reproduções do produto PDA para a base ED.	32
Tabela 7 - Resultados finais do ajustamento na base TR do produto PDA.....	33
Tabela 8 – Exemplos de diferenças de cor registadas nas reproduções do produto PDA para a base TR	34
Tabela 9 - Resultados finais do ajustamento na base P do produto PDB.....	35
Tabela 10 – Exemplos de diferenças de cor registadas nas reproduções do produto PDB para a base P.	36
Tabela 11 – Comparação de cores das bases do produto PDB com o respetivo padrão NCS.	37
Tabela 12 - Resultados finais do ajustamento às pastas pigmentos na base ED do produto PDC.....	38
Tabela 13 - Exemplos de diferenças de cor registadas nas reproduções do produto PDC para a base ED.	40
Tabela 14 - Resultados finais do ajustamento às pastas pigmentos na base TR do produto PDC.....	41
Tabela 15 - Exemplos de diferenças de cor registadas nas reproduções do produto PDC para a base TR.	42

Lista de Símbolos

L^+ - Fluxo de luz difusa no sentido incidente no objeto

L^- - Fluxo de luz difusa no sentido contrário ao incidente no objeto

l^+ - Fluxo de luz direcional no sentido incidente no objeto

l^- - Fluxo de luz direcional no sentido contrário ao incidente no objeto

l_h^+ - Fluxo de luz direcional quando a $z = h$

l_0^- - Fluxo de luz direcional a $z = 0$

L_h^+ - Fluxo de luz difusa quando a $z = h$

L_0^- - Fluxo de luz difusa quando a $z = 0$

z - Coordena da posição, m

h - Espessura da camada, m

ϱ^* - Refletância

ϱ_0^* - Refletância do substrato

S - Coeficiente de difusão para a luz difusa, m^{-1}

K - Coeficiente de absorção para a luz difusa, m^{-1}

k' - Coeficiente de absorção para a luz direcional

s^+ - Coeficiente de difusão para a luz direcional no sentido incidente do objeto

s^- - Coeficiente de difusão para a luz direcional no sentido contrário ao incidente do objeto

X, Y, Z - Coordenadas do sistema CIE

λ - Comprimento de onda, nm

$\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ - Funções representativas de cor

$\varrho(\lambda)$ - Função refletância

x, y, z - Coordenadas de cromaticidade

a^*, b^*, L - Coordenadas do sistema CIELab

ΔE_{ab}^* - Diferença entre duas cores no sistema CIELab

Δa^* - Diferença na coordenada a^* entre duas cores no sistema CIELab

Δb^* - Diferença na coordenada b^* entre duas cores no sistema CIELab

ΔL - Diferença na coordenada L entre duas cores no sistema CIELab

h_{ab} - Coordenada tonalidade no sistema CIELch

C_{ab}^* - Coordenada saturação no sistema CIELch

ΔE_{CMC}^* - Diferença entre duas cores no sistema CMC

Lista de abreviaturas

CEPE - Conselho Europeu de Fabricantes de Tintas

CIE - *Commission Internationale de l'Eclairage*

CIN - Corporação Industrial do Norte

CMC - Color Measurement Committee

NCS - Natural Color System

PDA - Produto decorativo A

PDB - Produto decorativo B

PDC - Produto decorativo C

UV - Ultra violeta

1. Introdução

1.1. Enquadramento do projeto

Na indústria de tintas a cor pretendida num determinado produto é fundamental para o sucesso do mesmo, e sendo a perceção de cor uma sensação subjetiva é importante interpretar a cor da maneira mais rigorosa possível. Para essa interpretação recorre-se a equipamentos e *softwares* apropriados de forma a identificar parâmetros que identifiquem as cores. Para a formulação de tintas utilizando este tipo de ferramentas é necessário introduzir nos *softwares* informação sobre os pigmentos e pastas pigmentos, que produzem cor nas tintas. É pois de alta importância possuir bases de dados que prevejam a melhor combinação de pigmentos ou pastas pigmentos para obtenção das cores desejadas, minimizando o trabalho laboratorial de afinação da cor.

Este projeto nasce da necessidade, da empresa CIN (No Anexo A pode-se encontrar mais informação sobre a empresa), em manter atualizada a obtenção de cor nos seus produtos. Com este trabalho pretende-se realizar a construção de três bases de dados para três produtos decorativos, permitindo a formulação de cor nestes produtos com o maior rigor possível. As formulações fornecidas por estas bases de dados são utilizadas como primeira aproximação, no processo de afinação de cor nos produtos, sendo necessário que estas disponibilizem formulações o mais próximo possível da cor pretendida de forma a minimizar o tempo de afinação de cor e, consequentemente, reduzir a quantidade de produto gasto na afinação de cor.

1.2. Cor

1.2.1. O que é a Cor?

É incontestável a importância que a cor representa, quer seja pela sua presença universal e intemporal quer pela sua relevância como código de interpretação de diversas atividades e práticas presentes no quotidiano.

A cor pode ser definida como uma sensação resultante da interpretação humana, dos estímulos enviados pelos olhos ao cérebro provocados pelas radiações visíveis. (1)

Contudo, esta definição, quando analisada isoladamente, desconsidera parte dos eventos que estão na origem do processo da criação de cor, eventos esses que vão determinar o aparecimento da cor e o seu eventual aspeto. Nesse sentido refira-se que, na percepção da cor é necessária uma fonte emissora de luz e um objeto sobre o qual a luz incide e um recetor da luz que vai ter a percepção da cor do objeto.

Durante esse processo a fonte luminosa irradia energia sobre o objeto recetor, o qual ao receber essa energia radiante absorverá parte da mesma sendo a restante energia difundida (eventualmente poderá ser completamente absorvida ou completamente difundida, consoante o caso).

Tendo por base o processo acima descrito, será sobre a energia que é difundida que se gerará a cor, aquando do seu recebimento por um observador, que a vai processar por forma a permitir obter a impressão da cor do objeto.

O fenómeno da cor que se observa nos corpos tem, conforme evidenciado, origem na interação entre o revestimento do corpo e a receção, ou não, da luz visível.

De forma a materializar o referido processo considere-se um fotão (uma partícula elementar mediadora de radiação eletromagnética) que entra em contacto com uma superfície colorida (acima mencionado como objeto recetor): podem ocorrer três situações distintas (i) o fotão colide com uma partícula de pigmento e é absorvido, não dando origem ao aparecimento da sensação da cor; (ii) o fotão colide com uma partícula de pigmento e é disperso, e haverá o aparecimento da sensação da cor aquando da receção pelo observador; (iii) o fotão passa pelo revestimento sem colidir e é absorvido ou disperso pelo substrato, gerando ou não o aparecimento da sensação da cor consoante essa energia seja ou não dispersada. (2)

Em face do exposto, compreende-se a necessidade de integrar nesta análise aspetos como a refletância, dado que as propriedades óticas das matérias serão definidas pela capacidade de absorção e dispersão dos mesmos. A esse respeito referem-se no ponto 2.2, algumas teorias que examinam tais questões.

1.2.2. Fontes luminosas

Uma fonte luminosa é um corpo emissor de energia eletromagnética, na região do visível, energia cuja gama espectral está compreendida entre os comprimentos de onda

de 380 e os 760 nm. Correspondendo frações desse intervalo a determinadas cores. Essas cores são o violeta (380-440 nm), o azul (440-485 nm), o ciano (485-500nm), o verde (500-565 nm), o amarelo (565-590 nm), o laranja (590-623 nm) e o vermelho (625-760 nm). (3)

A fonte luminosa escolhida para observar a cor é essencial na percepção da cor de um determinado objeto. As fontes luminosas são energia eletromagnética, cujos espectros de radiação diferem, principalmente na zona do visível. Essa variação de espectros manifesta-se em diferenças de cor sobre o mesmo objeto, que variará, portanto, de iluminante para iluminante. (Ver Figura 1 com exemplos de espectros de iluminantes)

Tem-se como exemplos de iluminantes:

- Iluminante A - Incandescente (luz residencial);
- Iluminante C - Luz do dia Filtrada (sem UV);
- Iluminante D50 - Luz do dia (às 9 horas);
- Iluminante D65 - Luz do dia artificial (às 12 horas);
- Iluminante D75 - Luz do dia (na Linha do Equador);
- Iluminante F2 ou CWF - Fluorescente Cool White (Branca Fria);
- Iluminante F7 - Fluorescente Broad Band White;
- Iluminante F11 - Fluorescente TL84 (comercial ou luz de loja);
- Iluminante F12 - Fluorescente Ultralume 3000;
- Iluminante UV - Ultravioleta.

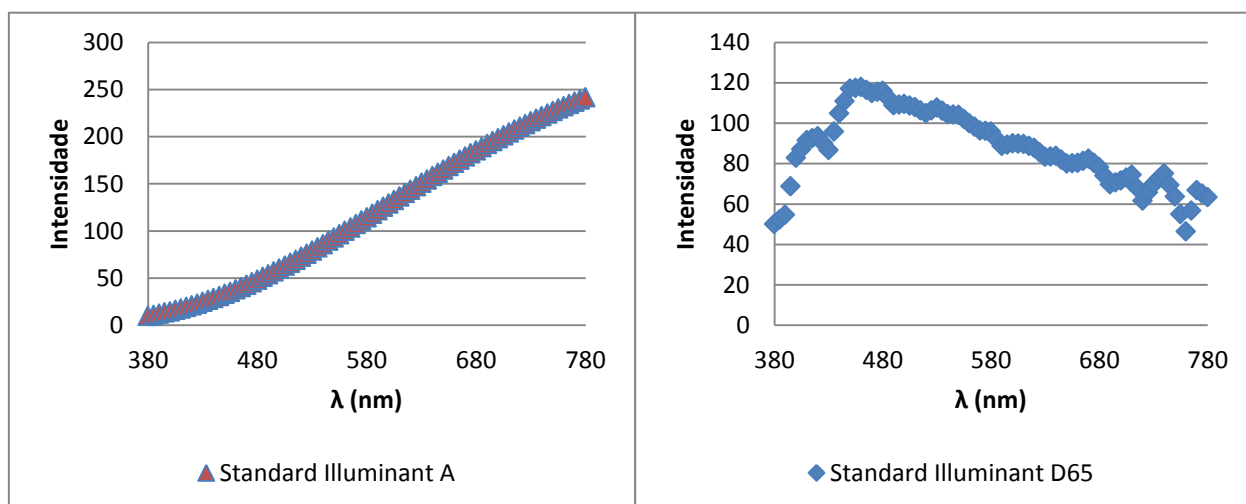


Figura 1 - Exemplos de espectros de Iluminantes (4).

A influência do iluminante na percepção da cor pode ser explicada conforme o exemplo que se segue: um corpo azul ao ser sujeito a uma fonte luminosa que emita em toda a gama da luz visível, com quantidades equilibradas de cada comprimento de onda, irá absorver toda a luz emitida pela fonte luminosa com exceção da luz da sua cor, neste caso a cor azul, sendo essa luz refletida e chegando posteriormente a um recetor apenas a luz azul.

No caso da fonte luminosa ser monocromática e emitir apenas a cor vermelha, tendo por base o exemplo acima descrito, como o corpo reflete a cor azul e absorve as restantes o observador verá ausência de cor, isto é preto, uma vez que a cor vermelha será absorvida no processo.

Refira-se ainda um fenómeno que pode ser identificado pela utilização de diferentes iluminantes: o metamerismo. Este fenómeno pode ser definido como a diferença de cor observada quando duas amostras visualmente idênticas sob uma dada fonte luminosa, são vistas sob outra fonte luminosa com diferentes características espectrais (5).

1.3. Tintas

A utilização das tintas é universal, utiliza-se quer no sentido estético quer no sentido de proteção dos materiais onde se vão aplicar.

Estas são definidas, como uma composição pigmentada líquida, pastosa ou sólida que, quando aplicada em camada fina sobre uma superfície apropriada, no estado em que é fornecida ou após diluição, dispersão em produtos voláteis ou fusão, é convertível, ao fim de certo tempo, numa película sólida, contínua, corada e opaca. (5)

As tintas podem ser consideradas sistemas de sólidos dispersos numa fase líquida, constituídos na fase sólida pelos pigmentos e por cargas, e na fase líquida por ligantes solventes e alguns aditivos. O fabrico destas envolve essencialmente operações físicas, tais como mistura, dispersão, moagem, entre outras.

Na composição das tintas, os seus componentes podem ser destacadas em duas categorias, extrato seco e veículo volátil. Sendo o extrato seco o conjunto de componentes que permite a formação da película seca da tinta e é constituído pelos pigmentos, cargas, resinas e aditivos, no veículo volátil estão inseridos os solventes, diluentes e aditivos.

De forma a compreender melhor as características das tintas, é necessário perceber a função de cada grupo de componentes presentes nestas.

Cargas:

As cargas são substâncias, que sob a fórmula da partículas mais ou menos finas, de fraco poder de cobertura (5), são introduzidas nas tintas para lhes modificar algumas propriedades, tais como a permeabilidade da película seca, a viscosidade, a resistência química, o brilho, entre outras (6). Alguns exemplos de cargas utilizadas no fabrico de tintas são o carbonado de cálcio, o talco e o caulino.

Resinas:

As resinas são substâncias orgânicas sólidas, semissólidas ou líquidas, amorfas responsáveis pela aglutinação das partículas sólidas, na tinta, e também pela formação da película seca. Influenciando as propriedades físico-químicas das tintas, como a resistência química, mecânica e ambiental. (6)

Para a formulação das tintas existem diferentes grupos de resinas, como por exemplo, vinílicas, acrílicas, alquídicas, epóxicas, poliuretanos, fenólicas, entre outras, que conferem às tintas diferentes características.

Solventes:

Os solventes são líquidos voláteis nas condições normais de secagem da tinta, que são capazes de dissolver as resinas das tintas (5). Estes são introduzidos nas tintas de forma a diminuir a viscosidade das mesmas durante o processo de fabrico e armazenagem e conferir boas propriedades aquando da aplicação da tinta. Como exemplos de solventes utilizados nas tintas tem-se hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos.

Aditivos:

Os aditivos são substâncias adicionadas às tintas em pequena percentagem de forma a conferir-lhes determinadas propriedades. Estes aditivos podem ser bactericidas, algicidas ou fungicidas, secantes, molhantes e dispersantes, agentes anti pele e anti espuma. (6)

Pigmentos:

Um pigmento é comumente definido como um material pigmento sólido, finamente dividido e praticamente insolúvel no veículo. Estes são utilizados de forma a alterar as propriedades óticas das tintas, conferindo-lhes cor. (5)

Para além de alterar as propriedades óticas das tintas, os pigmentos têm de ser capazes de suportar as condições do meio onde vão ser aplicados, sejam elas os componentes da própria tinta, ou fatores externos após a sua aplicação, como a intempérie e a luz solar.

De forma a classificar os pigmentos estes podem ser distinguidos segundo a sua síntese (natural ou sintético) e segundo as características da sua molécula constituinte (orgânica ou inorgânica). Alguns exemplos de pigmentos inorgânicos utilizados na indústria das tintas são o dióxido de titânio para a cor branca e óxidos de ferro para cores como vermelhos, castanhos e ocre. Para pigmentos orgânicos temos os exemplos de pigmentos de tioindigo para cores *bordeaux* e pigmentos de ftalocianina para cores azuis e verdes.

1.3.1. Cor nas tintas

A cor nas tintas é dada sobretudo pelo uso dos pigmentos na composição da tinta, sendo que a introdução destes nas tintas pode ser feito de duas formas, sistema de fabrico direto de máquina e sistema tintométrico.

No sistema de fabrico direto de máquina os pigmentos são introduzidos durante o fabrico da tinta, numa etapa de moagem. Sendo o produto final obtido na fábrica. Este sistema é utilizado quando não é possível a utilização do sistema tintométrico, como o produto não estar preparado para este tipo de sistema, ou a necessidade de grande quantidade de tinta produzida, ou a inexistência de pastas pigmentos de determinados pigmentos, ou por determinadas especificações pedidas pelo cliente.

O sistema tintométrico utiliza pastas de pigmentos (ou pastas pigmentos) para dar cor a bases de produtos. Neste sistema, as bases são produzidas na fábrica e o produto só é finalizado na loja, quando são adicionadas as pastas pigmentos para obtenção da cor desejada pelo cliente. Este sistema utiliza uma máquina que dispensa com precisão a quantidade de pastas pigmentos de acordo com a cor pretendida, sendo seguido de uma etapa de mistura que homogeneiza a tinta. (7)

As bases de produto são tintas acabadas, às quais se vão juntar as pastas de pigmentos para dar a cor ao produto e finalizar o mesmo. Dependendo do tipo de produto podem existir bases de produto brancas, transparente e coloridas. As bases brancas são bases produzidas com dióxido de titânio na sua composição, de forma a diminuir a utilização da pasta branca na coloração do produto nas lojas. Estas são produzidas com diferentes quantidades de dióxido de titânio de forma a serem utilizadas para a produção de cores mais ou menos claras, sendo as bases com maior teor em dióxido de titânio utilizadas para as cores mais pastel e as bases com menor quantidade de dióxido de titânio ou ausência deste (base transparente) utilizadas para cores mais escuras. As bases coloridas são utilizadas para produzir cores da mesma tonalidade da base, que produzidas nas bases brancas ou transparente possuem fraca opacidade. A opacidade é uma característica importante na tinta, e é definida como a aptidão desta em cobrir, após secagem, a cor ou diferenças de cor da base de aplicação (5). Nestas bases são introduzidos pigmentos durante o fabrico das mesmas, para lhe dar a cor da base, sendo necessário a introdução das pastas pigmentos para a produção da cor desejada.

Outra característica que distingue as bases de produto é o grau de enchimento, isto é, o nível a que as latas são cheias, pois este condiciona a quantidade de pastas pigmentos a adicionar na loja. Tendo as bases com maior grau de enchimento maior quantidade de dióxido de titânio, de forma a produzir cores mais claras e as de menor grau utilizadas para produzir cores mais intensas.

2. Métodos e Instrumentação

2.1. Instrumentos de medição de cor

Existem instrumentos que permitem auxiliar na interpretação da cor, fornecendo ao utilizador informação sobre a cor. Dependendo do instrumento essa informação pode ser propriedades da cor e/ou a localização da cor em determinados sistemas de classificação de cor. Estes instrumentos são constituídos por uma fonte irradiadora de luz, um sistema de separação da luz por comprimentos de onda e um fotodetetor. E como exemplos abordados neste trabalho tem-se o colorímetro e o espectrofotómetro.

2.1.1. Colorímetros

Os colorímetros são instrumentos que permitem obter propriedades da cor de um objeto de uma forma rápida e simples, pois estes utilizam um sistema de filtros de luz que permite obter informação de forma a identificar a cor, como exemplo da Figura 2. Essa informação, normalmente, são as coordenadas de um sistema de classificação, não sendo dada informação ao utilizador sobre a composição espectral da cor. Sendo por isso estes instrumentos utilizados essencialmente no campo, onde é necessário identificar a cor. Contudo tem como desvantagem não conseguir identificar o metamerismo, pois estes não possuem informação sobre o iluminante a que é medida a cor. (8,9)

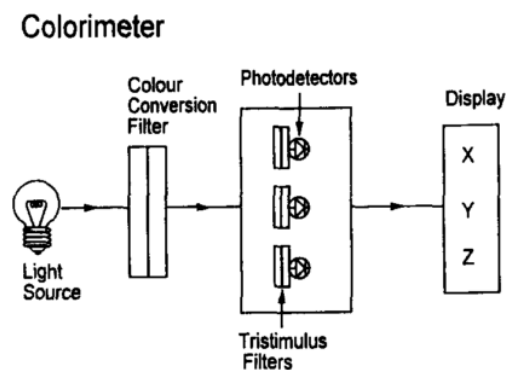


Figura 2 - Esquema representativo de um colorímetro (8).

2.1.2. Espectrofotômetros

O espectrofotômetro compara a quantidade de luz que é refletida pelo objeto com a quantidade de luz que foi emitida sobre o mesmo.

Na prática, a funcionalidade dos espectrofotômetros consiste em aferir a qualidade da cor, de forma a permitir a comparação entre as cores. (8)

Ora, na comparação entre a quantidade de luz emitida sobre um objeto e a posterior quantidade refletida, é obtida uma percentagem de luz refletida pelo objeto, e este cálculo é efetuado em função de cada comprimento de onda do espectro da luz visível.

De uma forma evidente os componentes de um espectrofotômetro são: a fonte de luz, o filtro UV, a ótica, o monocromador, o detetor e o microprocessador.

A fonte de luz é normalmente uma lâmpada que emite um espectro equilibrado por todos os comprimentos de onda da zona do visível. Para o efeito, são utilizadas como fonte de luz lâmpadas de tungsténio e xénon, entre outras. (10)

O filtro de UV é necessário uma vez que a radiação ultravioleta tem a capacidade de alterar a refletância lida pelo espectrofotômetro no caso de o objeto ter agentes fluorescentes, pois estes absorvem a energia eletromagnética referente à luz UV e emitem energia na região da luz visível. (10)

É na ótica que ocorre a iluminação e a reflexão da luz no objeto. Existem diversas geometrias de óticas, pois estas variam com o tipo/ângulo de incidência da luz e com o ângulo de deteção da luz refletida, por isso, as óticas são caracterizadas consoante a sua iluminação/deteção, sendo definidas através desses dois parâmetros. (10) Os tipos de geometria mais comuns de óticas nos espectrofotômetros são 45/0, 0/45 e difusa/8 (d/8), demonstrados na Figura 3.

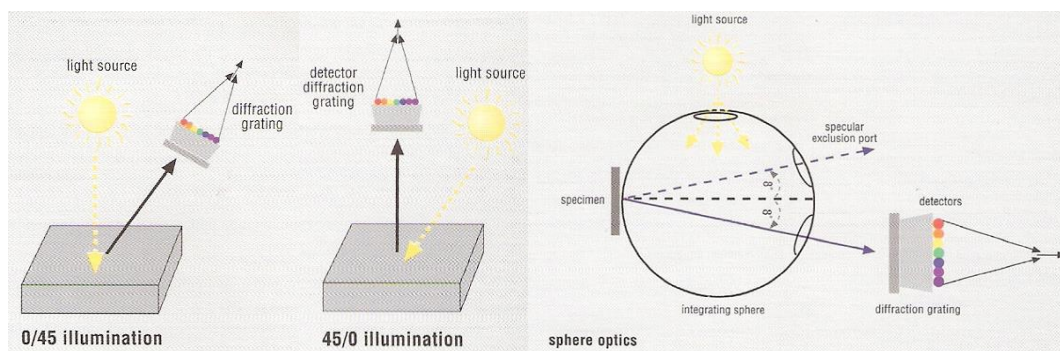


Figura 3 - Exemplos de óticas (10).

O monocromador é a componente que recebe a luz refletida pelo objeto e a separa pelos vários comprimentos de onda, enviando de seguida para o detetor. O prisma é um tipo de monocromador utilizado nos espectrofotómetros. (10)

O fotodetetor, como o próprio nome indica, deteta a quantidade de luz em cada ponto de medida enviado pelo monocromador, posteriormente transformando-a em sinal elétrico que envia para o micro processador. (10)

O microprocessador, por sua vez, processa o sinal elétrico enviado pelo detetor e calcula a refletância a cada comprimento de onda, tendo por base (como meio de comparação) um elemento utilizado como referência. Normalmente o elemento de referência é uma placa de cerâmica branca cuja refletância em cada comprimento de onda é conhecida. (10)

2.2. Influência da absorção e dispersão no espectro

A composição espectral da cor de um objeto é influenciada pela capacidade que este tem de absorver e difundir a luz que nele incide. De forma a determinar a relação entre a absorção e dispersão dos objetos e o espectro de cor que apresentam existem várias teorias, mais ou menos complexas, com diferentes pressupostos. Sendo exemplos dessas teorias a teoria de Kubelka-Munk e a teoria dos 4 fluxos (do inglês *Four-Flux Theory*).

2.2.1. Teoria de Kubelka-Munk

A teoria de Kubelka-Munk (11–13) é uma teoria muito utilizada para descrever a influência da difusão e da absorção na cor, pois é uma teoria de fácil aplicação e computação, utiliza apenas 2 fluxos de luz dispersa para obter as constantes de absorção (K) e difusão (S) dos materiais.

Esta teoria considera a existência de ideal distribuição de luz difusa do lado irradiado e ideal distribuição de luz difusa no interior da camada.

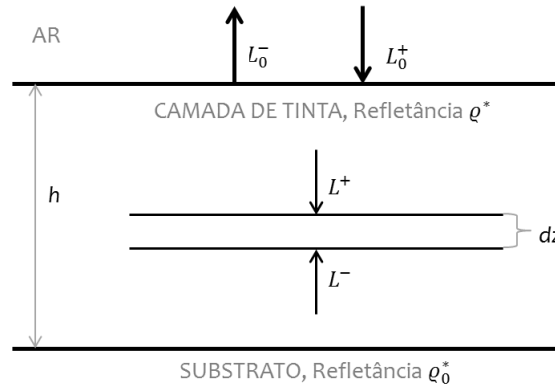


Figura 4 - Esquema de uma camada de tinta (baseado em (13)).

Considerando a luz difusa incidente numa camada de tinta, L^+ e L^- a luz difusa de direção oposta, de acordo com a Figura 4. Efetuando o balanço de fluxos a uma camada infinitesimal dz , tem-se:

$$dL^+ = -(S + K).L^+ dz + S.dz \quad (1)$$

$$-dL^- = -(S + K).L^- dz + S.dz \quad (2)$$

A partir da solução dos balanços e conjugando estes com a refletância q^* , obtém-se a seguinte equação geral deste modelo:

$$q^* = \frac{1 - q_0^*.(a - b.\cotg(b.S.h))}{a - q_0^* + b.\cotg(b.S.h)} \quad (3)$$

Onde q_0^* representa a refletância do substrato, com a e b como equações de simplificação definidas nas equações (4) e (5).

$$a = 1 + \frac{K}{S} \quad (4)$$

$$b = \sqrt{a^2 - 1} \quad (5)$$

A determinação das constantes K e S é feita recorrendo a medições da refletância para uma camada infinitamente espessa (por aproximação, utiliza-se a uma camada opaca) e para uma camada com espessura conhecida. Podem ser também determinadas recorrendo à leitura da refletância de duas camadas com a mesma espessura em substratos branco e preto de refletância conhecida.

2.2.2. Teoria dos 4 fluxos

A teoria (12) baseia-se na existência de 4 fluxos numa camada de espessura h , onde existe absorção e difusão de luz. Esses fluxos são:

- Luz direcional incidente, I^+ ;
- Luz de direção oposta à luz direcional incidente, I^- ;
- Luz difusa incidente, L^+ ;
- Luz de direção oposta à luz difusa incidente, L^- .

Estando estes fluxos representados na Figura 5.

Esta teoria considera 5 coeficientes, dois de absorção (k' para a luz direcional e K para a luz difusa), e três de dispersão (s^+ e s^- para a dispersão da luz direcional incidente e oposta, respetivamente, e S para a luz difusa).

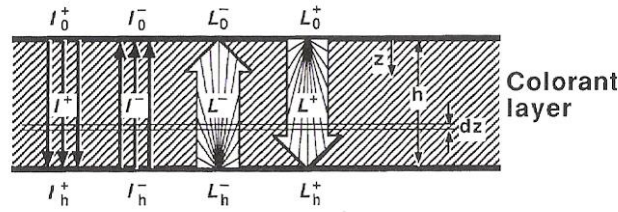


Figura 5 – Esquema representativo dos fluxos (12).

Realizando balanços de fluxos à camada e resolvendo as equações de forma a obter o valor dos fluxos nas extremidades da camada, (I_h^+ , I_0^- , L_h^+ e L_0^-) obtêm-se:

$$I_h^+ = I_0^+ \cdot e^{\mu \cdot h} \quad (6)$$

$$I_0^- = I_h^- \cdot e^{-\mu \cdot h} \quad (7)$$

$$L_h^+ = I_0^+ \cdot P + I_h^- \cdot Q + L_0^+ \cdot \frac{b}{A} + L_h^- \cdot \frac{\sinh(x)}{A} \quad (8)$$

$$L_0^- = I_0^+ \cdot Q + I_h^- \cdot P + L_0^+ \cdot \frac{\sinh(x)}{A} + L_h^- \cdot \frac{b}{A} \quad (9)$$

Sendo a a e b equação (4) e (5) e:

$$\mu = k' + s^+ + s^- \quad (10)$$

$$x = b \cdot S \cdot h \quad (11)$$

$$A = a \cdot \sinh(x) + b \cdot \cosh(x) \quad (12)$$

$$P = \frac{1}{A} \cdot (b \cdot p + q \cdot e^{-\mu \cdot h} \cdot \sinh(x)) - p \cdot e^{-\mu \cdot h} \quad (13)$$

$$Q = \frac{1}{A} \cdot (p \cdot \sinh(x) + b \cdot q \cdot e^{-\mu \cdot h}) - q \quad (14)$$

$$p = \frac{S \cdot s^- + (\mu + a \cdot S) \cdot s^+}{\mu^2 - b^2 \cdot S^2} \quad (15)$$

$$q = \frac{S \cdot s^+ + (\mu + a \cdot S) \cdot s^-}{\mu^2 - b^2 \cdot S^2} \quad (16)$$

Sendo a relação da refletância definida pela seguinte equação:

$$Q^* = \frac{l_0^- + L_0^-}{l_0^+ + L_0^+} \quad (17)$$

A determinação das constantes é feita por análise da refletância ou transmitância do objeto. Sendo as constantes K e S determinadas pelo método Kubelka-Munk demonstrado no ponto anterior. k , s^+ e s^- são obtidos recorrendo à análise da camada a luz direcional. Incidindo essa análise na obtenção da refletância de uma camada infinitamente espessa, e da refletância de duas camadas com a mesma espessura em substratos branco e preto de refletância conhecida.

2.3. Classificação das cores

Na medida em que a percepção da cor difere de observador para observador, torna-se necessário a criação de sistemas de classificação da cor, de forma a uniformizar a identificação das cores entre diferentes observadores. Esta classificação da cor pode ser efetuada recorrendo a padrões de cor físicos, caso do sistema de Munsell e sistema NCS (*Natural Color System*) ou através de modelos matemáticos, como o sistema CIE, Sistema CIELab, entre outros.

2.3.1. Sistema de Munsell

Este sistema de classificação de cor foi criado por Albert H. Munsell, por volta do ano de 1900. O sistema de Munsell (3,10,14) consiste num sistema de padrões organizados num espaço tridimensional composto por *value* (luminosidade), *chroma* (saturação) e *hue* (tonalidade), representados na Figura 6.

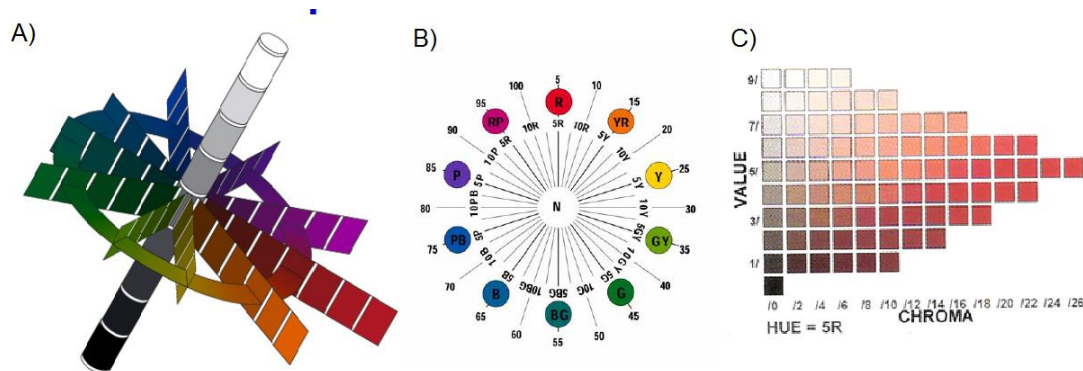


Figura 6 – A) Representação do espaço do sistema de Munsell; B) Representação das tonalidades existentes no sistema de classificação de cores de Munsell; C) Representação das várias cores na tonalidade 5R (10).

A luminosidade corresponde a um cilindro de saturação nula, representando as cores branco, cinzento e preto. Este eixo está definido do branco ao preto numa escala de 9 unidades.

A saturação representa a saturação da cor. Esta aumenta perpendicularmente ao eixo da luminosidade, inicialmente sendo definida apenas com 8 unidades de saturação, sendo aumentada até á atualidade.

A tonalidade está definida em forma de círculo, dividida em 10 sectores, representando cada setor uma cor (Y – amarelo, YR – amarelo-vermelho, R – vermelho, RP – vermelho-púrpura, P – púrpura, PB – púrpura-azul, B – azul, BG – azul-verde, G – verde e GY – verde-amarelo). Cada setor também dividido em 10 subcores.

2.3.2. Sistema NCS

O sistema NCS (*Natural Color System*) (1,15) define a cor com recurso a padrões coloridos organizados de um modo próprio. Para este sistema todos os observadores possuem a mesma visão da cor e define a existência de seis cores puras impossíveis de descrever recorrendo a outras cores (W – Branco, S – Preto, Y – Amarelo, R – Vermelho, B – Azul, G – Verde).

A organização do sistema é feita segundo um sólido composto por dois cones juntos pela base, em que as pontas representam o branco e o preto. Entre os topos dos cones é possível criar uma escala entre o branco e o preto, representando os cinzentos. As bases dos cones estão organizadas em intervalos constantes de 10 unidades, entre o azul e vermelho, vermelho e amarelo, amarelo e verde e verde e azul. As cores representadas na base são designadas de cores cromáticas puras, pois não contêm nenhum branco nem preto. Contudo pode ser imaginado uma escala entre o branco e uma cor cromática pura, assim como com o preto. A junção das escalas entre a cor cromática pura com o branco e com o preto e a escala entre o branco e o preto forma um triângulo equilátero em que os vértices representam as cores branco, preto e a cor cromática pura. Pode ser vista a representação deste espaço na Figura 7.

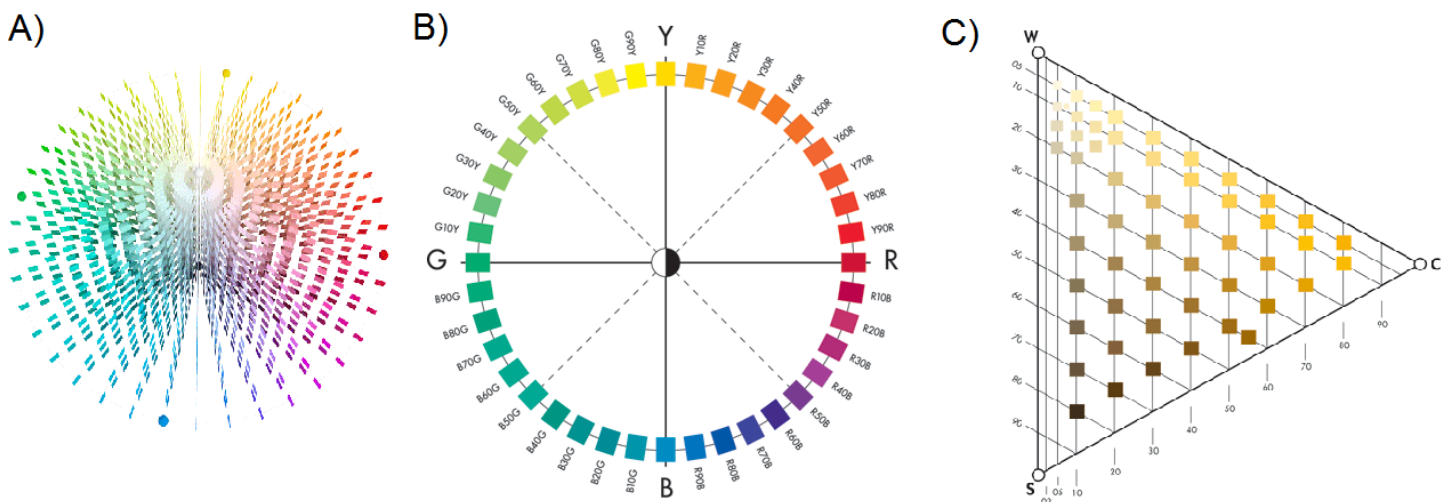


Figura 7 – A) Representação do espaço do sistema NCS; B) Representação das cromaticidades puras existentes no sistema de classificação de cores de NCS; C) Representação das várias cores nade cromaticidade Y10R (15).

A identificação das cores é feita recorrendo à tonalidade (cores de cromaticidade pura) e à identificação da cor no triângulo correspondente à sua tonalidade. Veja-se o exemplo 1050 – Y10R, em que Y10R representa a tonalidade, sendo um amarelo com 10% de vermelho. 1050 representa a quantidade de preto na cor (escala branco – preto) e a sua cromaticidade (escala preto – Cor de cromaticidade pura), sendo os primeiros dois dígitos referentes à quantidade de preto e os restantes dois dígitos referentes à cromaticidade, assim sendo o exemplo corresponde a uma cor com 10% de preto e com 50% de cromaticidade.

2.3.3. Sistema CIE

É um sistema proposto pela CIE (2,10,14) (*Commission Internationale de l'Eclairage*), que se baseia no princípio de três estímulos para caracterização da cor (X, Y, Z).

Sendo:

$$X = \int \bar{x}(\lambda) \cdot \varrho(\lambda) d\lambda \quad (18)$$

$$Y = \int \bar{y}(\lambda) \cdot \varrho(\lambda) d\lambda \quad (19)$$

$$Z = \int \bar{z}(\lambda) \cdot \varrho(\lambda) d\lambda \quad (20)$$

Em que $\varrho(\lambda)$ é a refletância e $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$ e $\bar{z}(\lambda)$ são as funções de correspondência de cor representadas na Figura 8.

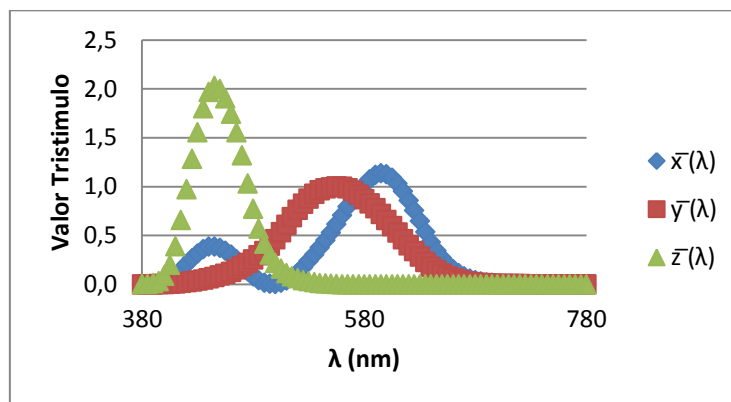


Figura 8 – Pontos das funções representativas de cor, disponibilizados pela CIE (4).

A partir dos estímulos X , Y , Z é possível calcular coordenadas de cromaticidade (x , y , z) através das seguintes equações:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad (21)$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad (22)$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z} \quad (23)$$

Sendo apenas duas delas independentes, pois a soma das coordenadas de cromaticidade é 1. E isso torna possível a sua representação bidimensional das cores. Sendo a mesma representada pelo diagrama de cromaticidade, demonstrado na Figura 9.

No diagrama está representado todo o espaço cromático de cores possíveis. Contudo, este espaço é um espaço não uniforme, isto porque a diferença de cor perceptível pela vista humana não é igual em todo o espaço cromático.

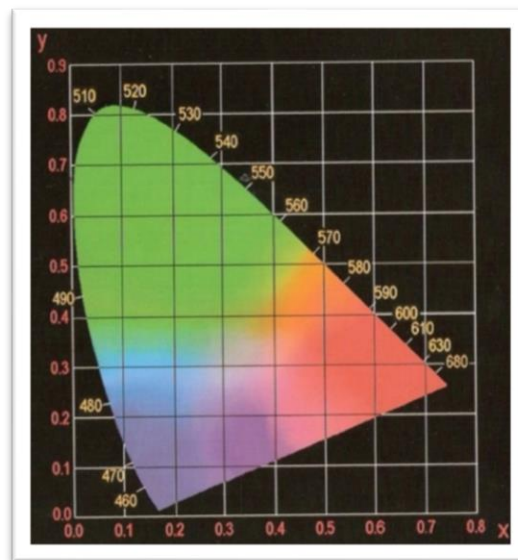


Figura 9 - Diagrama de cromaticidade (14).

2.3.4. Sistema CIELab

O sistema CIELab(2,10,14), também apresentado pela CIE, apresenta um espaço tridimensional, representado pelos eixos L , a^* , b^* . Em que L representa o eixo da luminosidade, tendo o valor mínimo de 0, para a cor preta e o valor máximo de 100, que representa a cor branca. Este sistema segue o princípio de cores contrárias, vermelho contrário a verde e amarelo contrário a azul. Sendo o eixo a^* representativo do eixo entre o verde ($a^* < 0$) e o vermelho ($a^* > 0$) e o eixo b^* definido entre o azul ($b^* < 0$) e o amarelo ($b^* > 0$), demonstrado na Figura 10.

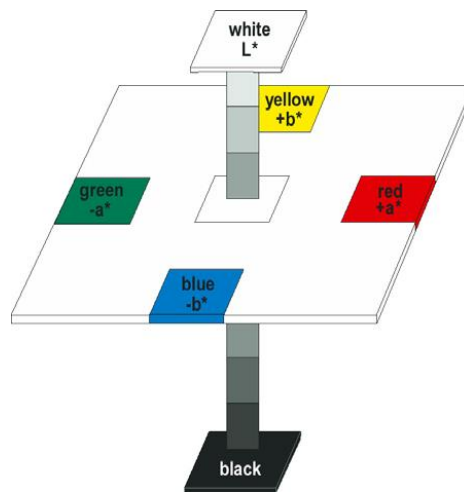


Figura 10 - Representação do espaço CIELab (10).

O cálculo matemático destes eixos é obtido pelas seguintes equações:

$$a^* = 500(X^* - Y^*) \quad (24)$$

$$b^* = 200(Y^* - Z^*) \quad (25)$$

$$L = 116.Y^* - 16 \quad (26)$$

Sendo X^* , Y^* e Z^* funções dos estímulos lidos (X , Y , Z) e os estímulos definidos pela CIE para os vários iluminantes (X_n , Y_n , Z_n), tendo em atenção que Y_n está definido para todos os iluminantes como tendo o valor de 100.

A comparação de cores neste espaço pode ser feita recorrendo à diferença vetorial entre as duas cores. Imagine-se duas cores, representadas por $V_t = \{a_t^*, b_t^*, L_t^*\}$ para a cor t e $V_r = \{a_r^*, b_r^*, L_r^*\}$ para a cor r . A diferença de cor ΔE_{ab}^* é definida como:

$$\begin{aligned}\Delta E_{ab}^* &= |V_t - V_r| \\ \Leftrightarrow \Delta E_{ab}^* &= \sqrt{\Delta a^{*2} + \Delta b^{*2} + \Delta L^2}\end{aligned}\tag{27}$$

Com

$$\Delta a^* = a_t^* - a_r^*\tag{28}$$

$$\Delta b^* = b_t^* - b_r^*\tag{29}$$

$$\Delta L = L_t - L_r\tag{30}$$

2.3.5. Sistema CIELch

O sistema CIELch (2,10,14) é uma derivação do sistema anterior, e é obtido transformando as coordenadas L, a^*, b^* em tonalidade (h_{ab}) e saturação (C_{ab}^*), mantendo a luminosidade (L), sendo :

$$C_{ab}^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}\tag{31}$$

$$h_{ab} = \text{Arctan}\left(\frac{a^*}{b^*}\right)\tag{32}$$

Podendo ser vista a diferença entre os espaços CIELab e CIELch na Figura 11. A comparação de cores neste espaço pode ser feita segundo:

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{\Delta C_{ab}^{*2} + \Delta h_{ab}^2 + \Delta L^2}\tag{33}$$

Com

$$\Delta C_{ab}^* = C_{ab}^* - C_{ab,r}^*\tag{34}$$

$$\Delta h_{ab} = h_{ab} - h_{ab,r}\tag{35}$$

$$\Delta L = L_t - L_r\tag{36}$$

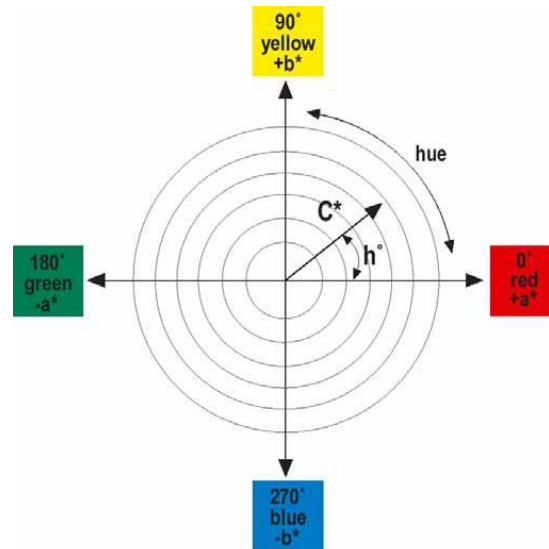


Figura 11 – Comparação entre o espaço CIELab e o espaço CIELch (10).

2.3.6. Sistema CMC

Apresentado pela *Colour Measurement Committee* em 1988, baseia-se no sistema anterior, contudo implementa uma correção ao nível da diferença de cor, adicionando os fatores corretivos, $k_C \cdot S_C$, $k_H \cdot S_H$ e $k_L \cdot S_L$.

$$\Delta E_{CMC}^* = \sqrt{\left(\frac{\Delta C_{ab}^*}{k_C \cdot S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta h_{ab}}{k_H \cdot S_H}\right)^2 + \left(\frac{\Delta L^*}{k_L \cdot S_L}\right)^2} \quad (37)$$

Sendo estes fatores corretivos dependentes da localização da cor no espaço CIELch.
(14)

2.4. Base de dados de formulação de cor e Software utilizado

A base de dados é, tal como o nome indica, um sistema de armazenamento de dados, onde neste projeto, os dados armazenados dizem respeito às propriedades óticas das pastas pigmentos no produto no qual se quer produzir a base de dados. Esta só por si não permite obter a formulação de cor para o produto, por isso esta é parte de um *software* que permite a formulação de cor, designado por *software A* no decorrer do

trabalho. Este baseia-se na teoria de Kubelka-Munk (Capítulo 2.2.1) para obter a formulação de cor.

Juntamente às constantes óticas, o *software A* permite armazenar mais informação sobre as pastas pigmentos tais como o seu preço, a densidade entre outras.

As formulações fornecidas pelo *software A* servem como ponto de partida para a afinação da cor pretendida, sendo importante que a base de dados seja o mais rigorosa possível, para que a afinação de cor seja rápida.

O *software A* também permite avaliar a cor fornecendo informações da cor relativas às coordenadas da cor no sistema CIELab (Capítulo 2.3.4), e fornece informações de cor para diferentes iluminantes utilizando o sistema CIELab e o sistema CMC (Capítulo 2.3.6).

2.5. Metodologia de trabalho

A construção de bases de dados para formulação de cor, requer um seguimento de trabalho, demonstrado na Figura 12. Há uma primeira parte onde a base de dados é construída, e uma segunda para a base de dados é otimizada.

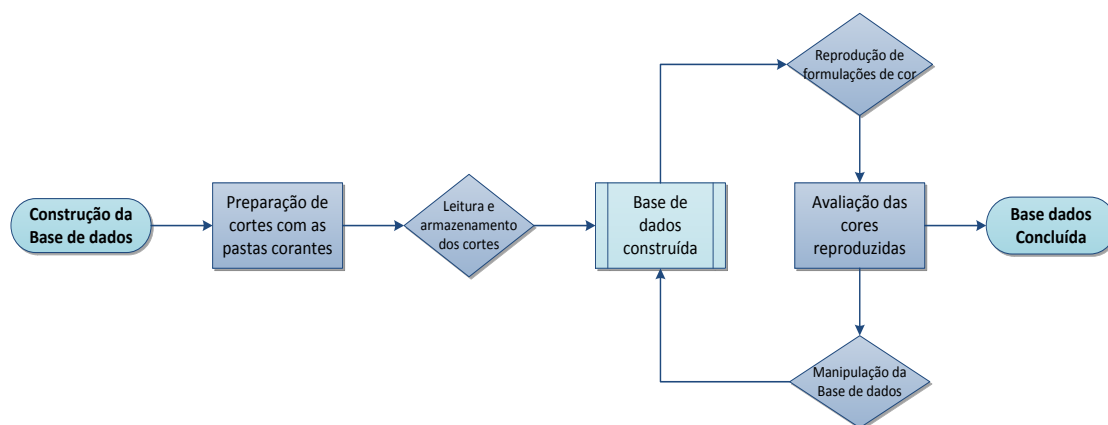


Figura 12 - Esquema da metodologia de trabalho.

Para a construção da base de dados para a formulação de cor destes produtos é necessário obter as constantes óticas (refletância, constante de absorção e difusão) de cada pasta pigmento com cada base dos produtos. Para isso foram feitos cortes (misturas de base de tinta com pasta pigmento) para todas as bases com todas as pastas

pigmentos. A quantidade de pasta introduzida em cada base corresponde à quantidade máxima de pasta pigmento permitida para determinada base.

Os cortes produzidos são aplicados em cartas de contraste branco/preto. Como o substrato influencia na obtenção das constantes óticas, a tinta é aplicada até obter opacidade total, sendo que a espessura máxima possível é de 800 micrómetros de película húmida. A aplicação é feita por barra manual, e seguindo os procedimentos da norma ASTM D823-95.

Após a aplicação os cortes são lidos, utilizando um espectrofotómetro acoplado a um computador, que utiliza uma ótica de geometria d/8, e calcula as constantes óticas dos cortes. Essas propriedades são armazenadas no *software A*, assim como a quantidade de base de produto e de pasta utilizados para a produção do corte.

Neste ponto a base de dados está construída, estando esta pronta a emitir uma formulação de cor. Contudo é possível que a cor produzida tenha alguma diferença face à cor pretendida, pelo que é necessário proceder à otimização da base de dados.

De forma a otimizar a base de dados, é feita a reprodução de várias cores para cada base, de forma verificar se a base de dados produz formulações corretas para a cor pretendida. Iniciou-se a otimização das bases com maior teor em dióxido de titânio para a de menor, pois o *software* efetua interligações entre as bases do produto. As cores reproduzidas tinham como padrões físicos do sistema NCS, e foram selecionadas um número de cores necessário a que cada pasta pigmento entrasse em, pelo menos, duas formulações.

Sendo as cores reproduzidas, estas eram aplicadas em cartas de contraste e, depois de secas, lidas e comparadas com o respetivo padrão utilizando o sistema CIELab, o sistema CMC e visualmente. A comparação visual das cores é feita segundo uma norma interna da empresa NCIN 083, que tem como referência a norma NP EN ISO 3668. Juntamente com as 3 análises referidas, é feita uma análise da contribuição de cada pigmento para a cor, este dado é fornecido pelo *software A*. Analisando cada pasta pigmento em cada um dos 4 estudos anteriores, verificava-se a necessidade de alterar a perceção do *software A*, relativo a determinada pasta pigmento. Essa alteração é feita através da força pigmento da pasta pigmento, contudo esta alteração é feita de forma indireta manipulando a quantidade de pigmento utilizada para obter as constantes óticas

introduzidas no programa. A força pigmento da pasta pigmento pode ser definida como a maior ou menor capacidade desta alterar a cor do meio em que é inserida.

Após estas alterações são pedidas novas formulações de cor para as cores escolhidas anteriormente, utilizando as mesmas pastas pigmentos, de forma a verificar a diferença produzida, analisando de novo a cor recorrendo aos 4 estudos mencionados anteriormente, e se necessário voltar a fazer nova correção. Sendo este sistema um método de tentativa e erro, este termina assim que se atinge um acordo visual entre as cores em conjunto com diferenças de cor medidas no sistema aceitáveis, isto é ΔE próximos ou inferiores a 1 unidade. Este procedimento foi repetido em cada base do produto, até que a base de dados ficasse otimizada. Depois de otimizada a base de dados está pronta a ser utilizada no laboratório para a afinação de cor.

3. Resultados e discussão

Na realização experimental deste trabalho foram construídas bases de dados para 3 produtos decorativos designados no trabalho por PDA, PDB e PDC. Sendo os dois primeiros de utilização tanto para exterior como para interior, e apenas para exterior no caso do PDC. Todos os produtos são produtos de base aquosa, com um acabamento liso e sem brilho.

Os produtos PDA e PDB são compostos por 5 bases de produto, Base P, Base M, Base D, Base ED e Base TR. O produto PDC dispõe de apenas 2 bases de produto, a base ED e a Base TR. As bases destes produtos podem ser organizadas pela quantidade de dióxido de titânio presente na sua base tendo maior quantidade a base P, seguida da base M, e depois a Base D, com menor quantidade de dióxido de titânio a base ED, sendo a base TR a base transparente, isto é sem dióxido de titânio na sua composição.

Para o fabrico da cor nos produtos é utilizado o sistema tintométrico tendo, para os produtos, disponível 12 pastas pigmentos, (Amarelo de Interior, Ocre, Amarelo de Exterior, Preto, Azul, Verde, Óxido de Ferro Vermelho, Vermelho de Interior, Laranja, Vermelho Exterior, Magenta e Violeta), sendo também possível a adição de pasta branca a cada uma das bases. De realçar o facto de as pastas pigmentos de interior só poderem ser adicionadas a cores destinadas para o interior, como o PDC é um produto de exterior as pastas amarelo e vermelho de interior não são utilizadas para a produção de cor no produto.

De forma a percorrer todo o trabalho realizado, vai ser feita uma pequena análise a cada base do produto, de forma a demonstrar as modificações feitas em cada base de cada produto. As avaliações das cores reproduzidas são feitas com base no sistema CIELab (capítulo 2.3.4), utilizando os seus eixos para explicar os diferentes comportamentos. De recordar que o eixo L diz respeito à luminosidade, o eixo a à variação vermelho-verde (positivo-negativo) e o eixo b à variação amarelo-azul (positivo-negativo). Para a comparação das cores são utilizados padrões NCS semi brilhantes, que comparado com os produtos sem brilho, interfere no eixo da luminosidade, podendo a leitura deste eixo não corresponder à análise feita visualmente, dando-se mais importância, nestes casos à análise visual.

3.1. Produto PDA

O produto PDA, como já referido, é um produto com 5 bases e sendo destinado à sua aplicação tanto o exterior como o interior, dispõe de todas as pastas pigmentos para a produção de cor no produto.

Para a construção da base de dados de formulação da cor neste produto é seguido o procedimento anteriormente descrito. Sendo as condições de tempo agitação, camada de produto aplicada e tempo de secagem diferentes para cada produto. No PDA a agitação das bases com as pastas é feita durante 3 a 4 min, é aplicado em cartas de contraste com uma aplicação de 100 micrómetros de espessura húmida, e tem como tempo de secagem 20 min numa câmara de secagem a 30°C.

3.1.1. Base P

Para a otimização da base P do produto PDA foram utilizadas 18 cores padrões NCS, tendo sido reproduzidas 66 formulações de cor para essas cores. Tendo sido modificado quase todas as pastas pigmentos (Tabela 1), vendo aumentada ou diminuída a sua força pigmento. Uma mudança também efetuada nesta base foi a alteração da força pigmento da base, que teve de ser aumentada em 10%. Este aumento está relacionado com a característica mate do produto (sem brilho), e tratando-se de uma base com muito teor de dióxido de titânio as cores reproduzidas demonstravam visualmente um tom mais esbranquiçado, recorrendo-se ao aumento da força pigmento da pasta, para que, nas formulações, o *software A* aumente o teor de pastas pigmentos.

Tabela 1 - Resultados finais do ajustamento na base P do produto PDA

Ajuste na força pigmento	
Força pigmento da base	+10%
Preto	+10%
Ocre	+10%
Amarelo de Interior	+10%
Amarelo de Exterior	
Laranja	-10%
Vermelho de interior	-10%
Vermelho exterior	
Magenta	-10%
Violeta	
Azul	
Verde	-5%
Óxido de ferro vermelho	-10%

Por análise da Figura 13 pode-se verificar a diferença produzida pela otimização da base de dados. Sendo essencialmente perceptível a diferença efetuada pela força pigmento da base, pois a alteração da força pigmento das bases foi tomada por análise da contribuição de cada pasta de pigmento e pelas diferenças de cor obtidas através do *software*.

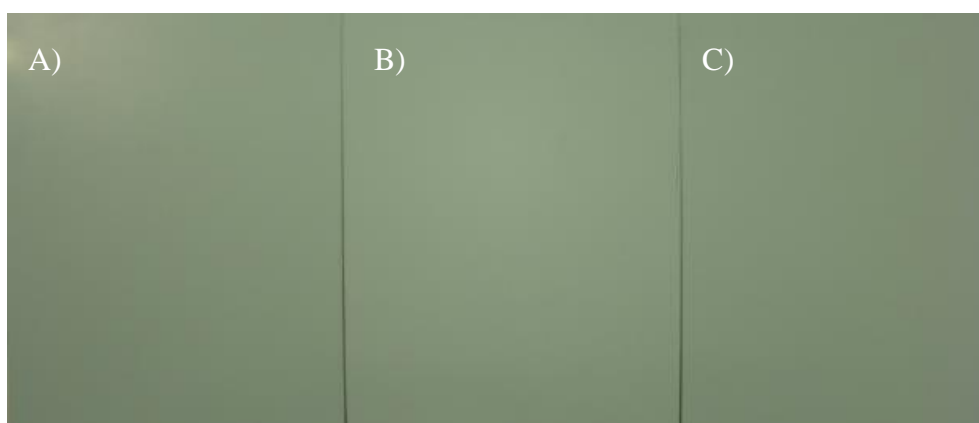


Figura 13 - A) Padrão NCS S 1515 B20G; B) Primeira reprodução do padrão NCS obtida pela base de dados sem qualquer alteração; C) Reprodução do padrão com a base de dados otimizada.

Convém salientar a dificuldade de imitar tintas convencionais com tintas de impressão e vice-versa, pelo que as imagens podem não representar a cor inumerada. E tendo ainda

em conta, as figuras tratam-se de fotografias dos padrões e reproduções efetuados, podendo aumentar esse desvio à cor real.

Na Tabela 2 pode-se verificar alguns exemplos de valores diferenças de cor das reproduções efetuadas para esta base, onde no eixo *L* do sistema CIELab se verifica a alteração devido ao aumento da força pigmento da base. Como estamos a trabalhar com diferenças de cor relativas ao padrão NCS o valor desejável seria 0, que significaria que as cores seriam exatas. Mas tratando-se de otimização de bases de dados e não de afinação de cor a cor individualmente, é necessário encontrar um compromisso entre todas as cores, para que todas estejam próximas da sua respetiva cor padrão.

Tabela 2 – Exemplos de diferenças de cor registadas nas reproduções do produto PDA para a base P.

	1515 B20G		0804 Y30R		1040 Y40R	
	1ª Reprodução	Reprodução final	1ª Reprodução	Reprodução final	1ª Reprodução	Reprodução final
ΔE_{CMC}	0,56	0,39	0,58	0,12	1,65	0,90
ΔL	-0,16	-0,42	0,45	-0,12	-0,15	0,01
Δa	0,31	-0,05	0,35	0,07	0,92	0,79
Δb	-0,41	-0,23	0,12	0,08	-0,18	0,83

3.1.2. Base M

Na utilização do *software A*, a segunda base branca, neste produto a base M, funciona como espécie de diluição da primeira base branca, não sendo possível ajustar a força pigmento de cada uma das pastas de pigmentos, sendo a única variável a poder ser ajustada a força pigmento da base. E como na base anterior foi feito um aumento de 10% da força pigmento, isso refletiu-se nesta base, pelo que o único ajuste efetuado foi a diminuição da força pigmento em 10%. Na Figura 14 pode-se observar a diferença efetuada pelo ajuste.

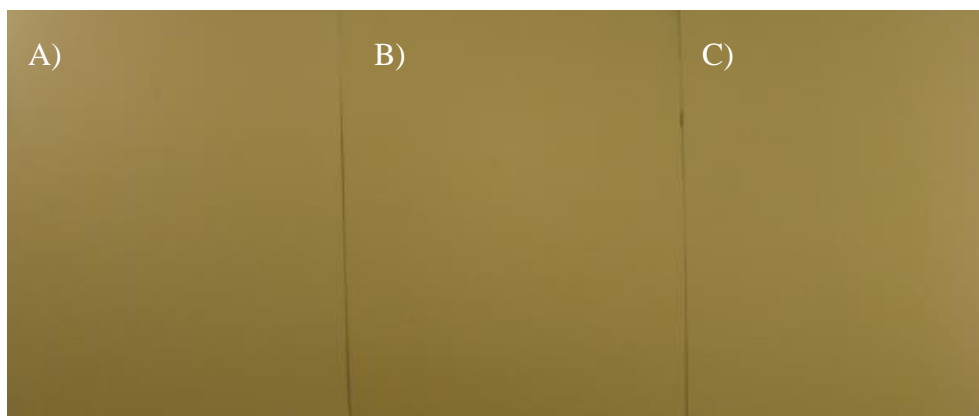


Figura 14 - A) Padrão NCS S 2010 Y30R; B) Primeira reprodução do padrão NCS obtida pela base de dados sem qualquer alteração; C) Reprodução do padrão com a base de dados otimizada.

Nesta base foram apenas efetuadas 15 reproduções de formulações de cor, de forma a verificar se todos os pigmentos se encontravam bem otimizados. Tendo-se obtido uma boa relação entre os padrões e as cores reproduzidas.

3.1.3. Base D

Na base D o *software A* volta a permitir o ajuste da força pigmento de cada pasta, tendo sido necessário ajustar metade das pastas pigmentos (Tabela 3), com especial atenção para a pasta laranja que teve a força pigmento diminuída em 22,5%, uma diferença muito significativa. Tendo sido produzido um novo corte entre o laranja e a base D com menor concentração de pasta laranja, de forma a tentar, que o *software A*, calcule melhor a quantidade de pasta laranja. Contudo esta alteração não surtiu efeito, tendo-se mantido a diminuição dos 22,5%. A força pigmento da base foi diminuída em 10%, em consequência da alteração efetuada na otimização da base P.

Tabela 3 - Resultados finais do ajustamento na base D do produto PDA.

Ajuste na força pigmento	
Força pigmento da base	-10%
Preto	
Ocre	
Amarelo de Interior	
Amarelo de Exterior	
Laranja	-22,5%
Vermelho de interior	
Vermelho exterior	
Magenta	
Violeta	-10%
Azul	15%
Verde	10%
Óxido de ferro vermelho	-5%

As modificações feitas a esta base encontram-se demonstradas na Figura 15, onde se pode observar a boa otimização efetuada.

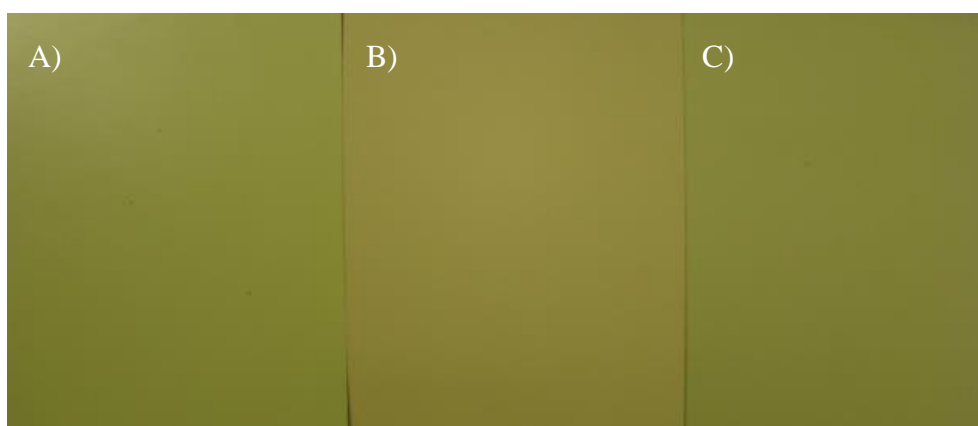


Figura 15 - A) Padrão NCS S 3020 G50Y; B) Primeira reprodução do padrão NCS obtida pela base de dados sem qualquer alteração; C) Reprodução do padrão com a base de dados otimizada.

Na Tabela 4 pode-se observar alguns exemplos de diferenças de cor das reproduções efetuadas para a Base D do produto PDA, onde se observa pelas diferenças de cor do eixo *a* a diminuição deste relativo às reproduções iniciais, efeito devido à alteração da força pigmento da pasta laranja e da pasta verde, e no eixo *b* as alterações efetuadas às pastas azuladas, mais propriamente a azul e a violeta.

Tabela 4 – Exemplos de diferenças de cor registadas nas reproduções do produto PDA para a base D.

	3020 G50Y		3040 R90B		5030 B	
	1ª Reprodução	Reprodução final	1ª Reprodução	Reprodução final	1ª Reprodução	Reprodução final
ΔE_{CMC}	3,17	0,56	1,59	1,19	1,95	1,32
ΔL	-0,29	-0,42	-0,26	-1,21	-0,54	-1,22
Δa	3,66	-0,48	1,99	0,73	2,73	0,69
Δb	0,26	-0,21	0,23	0,03	1,75	0,58

3.1.4. Base ED

Nesta base o ajuste da força pigmento estendeu-se a quase todos as pastas pigmentos, com exceção do Ocre, do Magenta, do Verde e do Óxido de Ferro Vermelho (Tabela 5). Nesta base a pasta laranja volta a ter um ajuste significativo, assim como o vermelho de interior e o de exterior (diminuindo 25% e 20% das suas forças pigmentos, respetivamente). É de salientar que nesta base o efeito da alteração da força pigmento na base P não se observou, não tendo sido necessário alterar a sua força pigmento.

Tabela 5 - Resultados finais do ajustamento na base ED do produto PDA.

Ajuste na força pigmento	
Força pigmento da base	
Preto	-10%
Ocre	
Amarelo de Interior	5%
Amarelo de Exterior	-15%
Laranja	-15%
Vermelho de interior	-25%
Vermelho exterior	-20%
Magenta	
Violeta	-5%
Azul	5%
Verde	
Óxido de ferro vermelho	

Um exemplo das modificações feitas a esta base encontra-se demonstrado na Figura 16, onde se pode observar a otimização efetuada, notando a alteração das pastas vermelhas.

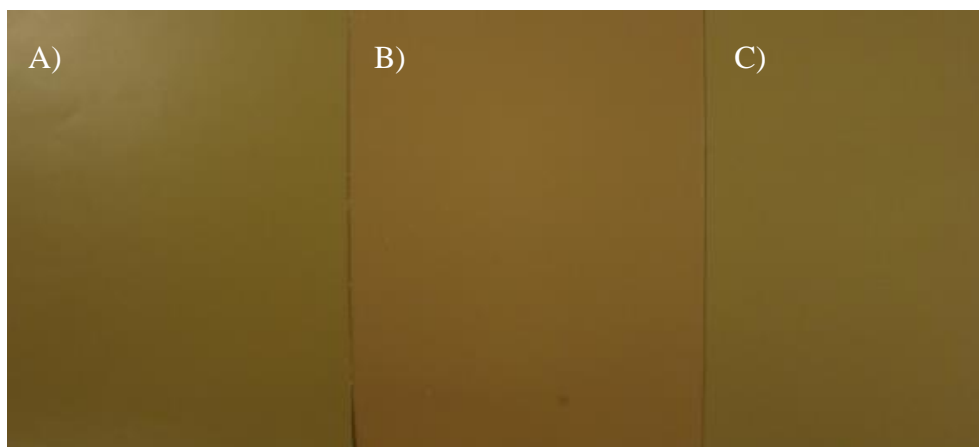


Figura 16 - A) Padrão NCS S 6010 Y10R; B) Primeira reprodução do padrão NCS obtida pela base de dados sem qualquer alteração; C) Reprodução do padrão com a base de dados otimizada.

Os dados da Tabela 6 são referentes a exemplos de diferenças de cor das reproduções efetuadas para a Base ED do produto PDA, onde se observa pelas diferenças de cor do eixo a a diminuição deste relativo às reproduções iniciais, efeito devido à alteração da força pigmento da pasta laranja e das pastas vermelhas. E no eixo b as alterações efetuadas às pastas amarelas. O efeito de diminuição do eixo L , deve-se à diminuição em geral da força pigmento de todas as pastas pigmentos que fazem diminuir a quantidade de pasta pigmento na formulação de cor, tornando menos intensas as cores.

Tabela 6 – Exemplos de diferenças de cor registadas nas reproduções do produto PDA para a base ED.

	6010 Y10R		6020 B10G		3050 B80G	
	1ª Reprodução	Reprodução final	1ª Reprodução	Reprodução final	1ª Reprodução	Reprodução final
ΔE_{CMC}	2,50	1,17	1,55	0,44	2,70	0,10
ΔL	-1,74	-0,83	-1,24	-0,04	-0,50	0,06
Δa	2,51	0,64	0,95	0,47	3,94	-0,18
Δb	-0,16	0,27	0,58	0,28	2,95	0,04

3.1.5. Base TR

A base TR é a base do produto PDA que não possui dióxido de titânio, pelo que esta base não possui força pigmento, sendo menos um mecanismo possível para a otimização da base de dados. Contudo nesta base torna-se fundamental a utilização da pasta branca para a formulação de cor, funcionando esta como uma pasta normal,

podendo ser ajustada. Na otimização desta base foram ajustados quase todas as pastas pigmentos (Tabela 7), com exceção do amarelo de exterior, do magenta, do verde e do óxido de ferro vermelho, não tendo nenhuma pasta pigmento com um ajuste muito significativo.

Tabela 7 - Resultados finais do ajustamento na base TR do produto PDA.

Ajuste na força pigmento	
Branco	-15%
Preto	-5%
Ocre	10%
Amarelo de Interior	5%
Amarelo de Exterior	
Laranja	-10%
Vermelho de interior	-10%
Vermelho exterior	-15%
Magenta	
Violeta	-5%
Azul	-12,5%
Verde	
Óxido de ferro vermelho	

Na Figura 17, pode-se observar um exemplo da otimização da base de dados. Nela pode-se notar o efeito de diminuição do branco na formulação de cor, não sendo tão perceptível a mudança de tonalidade devido à alteração da força pigmento das pastas pigmentos.

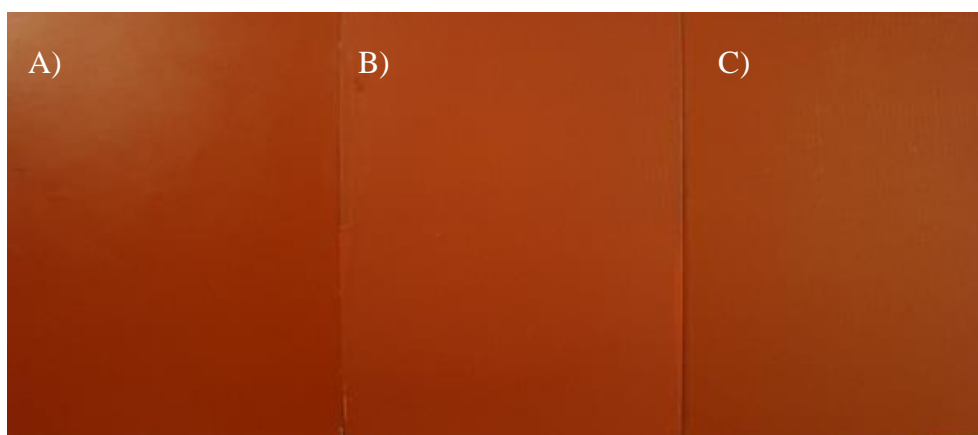


Figura 17 - A) Padrão NCS S 4050 Y80R; B) primeira reprodução do padrão NCS obtida pela base de dados sem qualquer alteração; C) Reprodução do padrão com a base de dados otimizada.

Na Tabela 8 pode-se observar alguns exemplos de diferenças de cor das reproduções efetuadas para a base TR, onde se verifica pelas diferenças de cor que as cores reproduzidas sem otimização já estão próximas do pretendido, e com os pequenos ajustes efetuados às pastas conseguiu-se uma melhor aproximação das cores reproduzidas às cores padrão.

Tabela 8 – Exemplos de diferenças de cor registadas nas reproduções do produto PDA para a base TR

	4050 Y80R		8505 G80Y		5030 Y90R	
	1 ^a Reprodução	Reprodução final	1 ^a Reprodução	Reprodução final	1 ^a Reprodução	Reprodução final
ΔE_{CMC}	1,60	0,09	1,92	1,33	1,39	1,09
ΔL	0,08	-0,05	0,39	-0,04	-1,27	-0,96
Δa	2,09	0,12	1,42	1,02	-0,16	-0,30
Δb	-0,48	0,02	-0,08	0,02	-0,61	0,37

3.2. Produto PDB

O produto PDB, tal como o anterior, é um produto com 5 bases e também está destinado à sua aplicação tanto o exterior como o interior, dispondo também de todas as pastas pigmentos para a produção de cor no produto.

As condições de tempo agitação, camada de produto aplicada e tempo de secagem para o produto PDB são as mesmas do produto PDA, a agitação das bases com as pastas é feita durante 3 a 4 min, é aplicado em cartas de contraste com uma aplicação de 100 micrómetros de espessura húmida, e tem como tempo de secagem 20 min numa câmara de secagem a 30°C.

Depois de concluída a otimização da base P deste produto, e tendo em conta a similaridade de formulação dos produtos PDA e PDB, submeteu-se a base de dados das restantes bases do PDB à mesma otimização que o produto PDA. Tendo sido reproduzidas cores para verificar se esta otimização se adequa ao produto ou se seria necessário a otimização base a base, tendo-se verificado boa a aproximação efetuada.

3.2.1. Base P

Na otimização desta base apenas algumas pastas pigmentos necessitaram de ser ajustadas (Tabela 9), e um ajuste não muito significativo, ao contrário da força pigmento da base, que foi necessário aumentar em 20%.

Tabela 9 - Resultados finais do ajustamento na base P do produto PDB.

Ajuste na força pigmento	
Força pigmento da base	20%
Preto	-10%
Ocre	
Amarelo de Interior	
Amarelo de Exterior	
Laranja	-10%
Vermelho de interior	10%
Vermelho exterior	
Magenta	
Violeta	-10%
Azul	
Verde	
Óxido de ferro vermelho	-5%

Por análise da Figura 18 pode-se visualizar a diferença na cor produzida pela otimização da base de dados. Não se notando o efeito da alteração das pastas pigmentos pois, tal como na base P do produto PDA, nesta base as quantidades de pastas pigmentos adicionadas para formular a cor são pequenas e pequenas alterações não produzem grandes diferenças de cor.

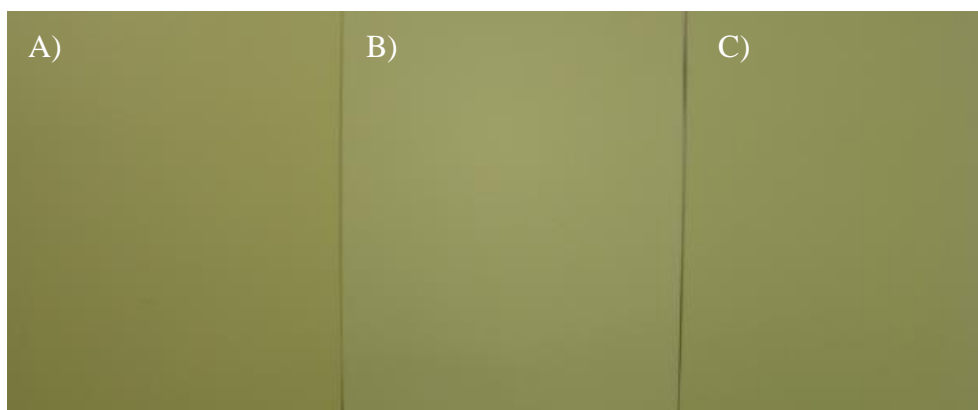


Figura 18 - A) Padrão NCS S 1010 G40Y; B) Primeira reprodução do padrão NCS obtida pela base de dados sem qualquer alteração; C) Reprodução do padrão com a base de dados otimizada.

Na Tabela 10 pode-se observar alguns exemplos de dados referentes a algumas cores reproduzidas nesta base. Por análise da mesma observa-se que a diferença de cor aumenta com as modificações efetuadas na otimização da base de dados, isto deve-se ao facto de visualmente as cores terem um aspeto esbranquiçado, fruto das propriedades mate do produto, sendo necessário aumentar a quantidade de pastas pigmentos nas formulações, traduzindo-se um aumento do eixo da luminosidade (eixo L) no sentido negativo, levando a que a diferença de cor aumente.

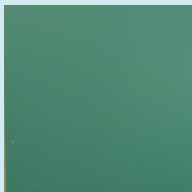
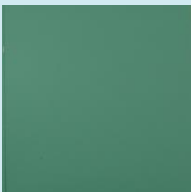
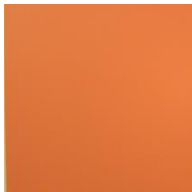
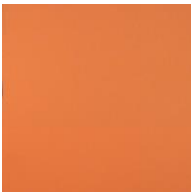
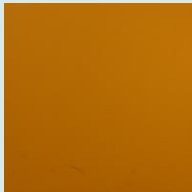
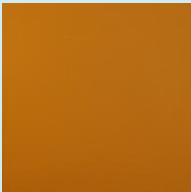


Tabela 10 – Exemplos de diferenças de cor registadas nas reproduções do produto PDB para a base P.

	1010 G40Y		1510 Y60R		0804 Y30R	
	1ª Reprodução	Reprodução final	1ª Reprodução	Reprodução final	1ª Reprodução	Reprodução final
ΔE_{CMC}	0,42	1,37	0,73	1,29	0,22	1,03
ΔL	-0,33	-1,03	-0,98	-1,50	-0,12	-0,45
Δa	-0,36	-1,09	0,09	0,50	0,05	0,24
Δb	0,07	0,87	0,01	0,70	0,21	1,03

3.2.2. Restantes bases

Dada a similaridade entre os produtos PDA e PDB, nas restantes bases foi implementada a mesma otimização que a correspondente base do produto PDA. De forma a verificar se esta aproximação era possível foram reproduzidas várias cores em cada base e verificada a sua diferença para os padrões. Na Tabela 11 podem-se observar algumas das reproduções efetuadas e a respetiva comparação com o NCS padrão. Como se pode observar obteve-se uma boa aproximação, pelo que o ajuste será mantido e as bases são consideradas otimizadas.

Tabela 11 – Comparação de cores das bases do produto PDB com o respetivo padrão NCS.

	Código NCS da cor	Cor do padrão NCS	Cor da reprodução efetuada	Diferenças de cor relativas ao padrão NCS
Base M	S 2030 B40G			$\Delta E_{CMC}=1,04$ $\Delta L=-1,12$ $\Delta a=0,19$ $\Delta b=0,70$
Base D	S 1050 Y90R			$\Delta E_{CMC}=1,27$ $\Delta L=-0,48$ $\Delta a=1,14$ $\Delta b=-0,18$
Base ED	S 1050 Y50R			$\Delta E_{CMC}=0,78$ $\Delta L=0,72$ $\Delta a=0,85$ $\Delta b=1,03$
Base TR	S 2060 Y70R			$\Delta E_{CMC}=0,60$ $\Delta L=0,09$ $\Delta a=1,06$ $\Delta b=1,00$

3.3. Produto PDC

Para o produto PDC a criação da base de dados seguiu o mesmo procedimento das anteriores, com a produção de cortes com as duas bases do produto, e a introdução das propriedades óticas no *software*. Sendo este produto vocacionado para exterior, apenas tem ao seu dispor 10 pastas pigmentos no sistema tintométrico, sendo feita a afinação da cor no produto, com estas pastas. Este produto possui apenas duas bases de produto, a base ED e a base TR, sendo a base ED a única base com dióxido de titânio.

Na afinação de cor deste produto, este é aplicado em carta de contraste com uma espessura húmida de 200 micrómetros, e com um tempo de secagem de 60 min numa

estufa de secagem a 30°C. Para a mistura dos pigmentos com a base, este produto necessita de um tempo de agitação de 10 a 12 min.

3.3.1. Base ED

Esta base é a única base com dióxido de titânio deste produto, e é utilizada para a produção das cores mais claras. No decorrer da otimização desta base foram feitas algumas modificações às pastas pigmentos e à força pigmento da base, demonstrados na Tabela 12:

Tabela 12 - Resultados finais do ajustamento às pastas pigmentos na base ED do produto PDC.

Ajuste na força pigmento	
Força pigmento da pasta	30%
Preto	15%
Ocre	10%
Amarelo de Exterior	20%
Laranja	
Vermelho exterior	-15%
Magenta	-25%
Violeta	-20%
Azul	-25%
Verde	-10%
Óxido de ferro vermelho	-10%

Nesta base quase todas as pastas pigmentos foram sujeitas a modificações da sua força pigmento, inclusive também houve um grande aumento da força pigmento da base. Este aumento da força pigmento da base deve-se ao grande poder mate do produto, pelo que foi necessário aumentar esta em 30% para que esse efeito não seja tão notado. Quanto às pastas pigmentos estas foram sujeitas a várias modificações sendo de realçar que as cores magenta, violeta e azul sofreram uma grande diminuição da sua força pigmento e o amarelo de exterior teve a sua força pigmento aumentada em 20%.

Na Figura 19 é visível, para o padrão 6010R10B, o efeito da diminuição da força pigmento nas pastas de pigmentos vermelhas. Analisando a Tabela 13 verifica-se que a diferença de cor no eixo *a* reduziu significativamente. É também notória nas imagens e

confirmados na Tabela 13, a diferença no eixo da luminosidade consequência da alteração de 30% na força pigmento da base.

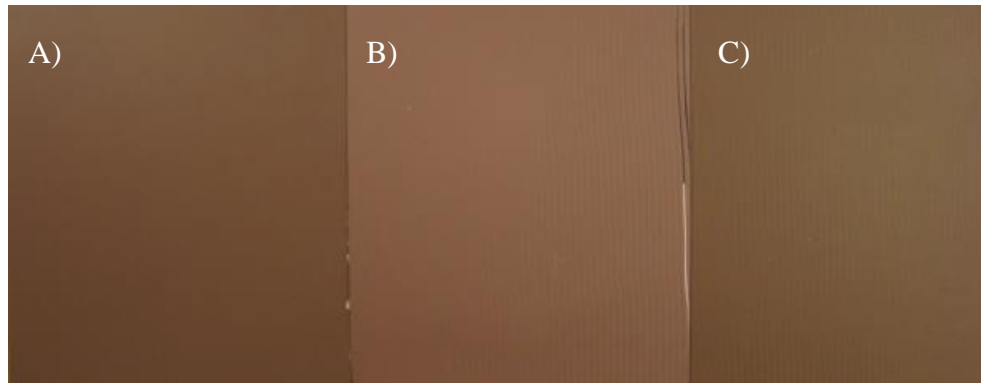


Figura 19 - A) Padrão NCS S 6010R10B; B) Primeira reprodução do padrão NCS obtida pela base de dados sem qualquer alteração; C) Reprodução do padrão com a base de dados otimizada.

É de realçar que a cor reproduzida para o padrão 2040Y70R, Figura 20, é feita com pastas pigmentos que foram sujeitas a pouca alteração, sendo mais notório esse efeito da alteração da força pigmento da base.

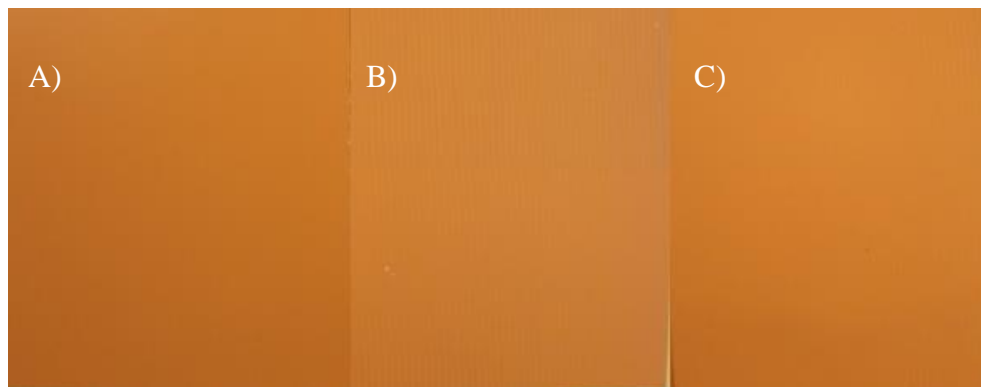


Figura 20 - A) Padrão NCS S 2040Y70R; B) Primeira reprodução do padrão NCS obtida pela base de dados sem qualquer alteração; C) Reprodução do padrão com a base de dados otimizada.

Nas reproduções das cores para o padrão 3020R90B, Figura 21, pode ser visto o efeito da alteração das pastas azuis.

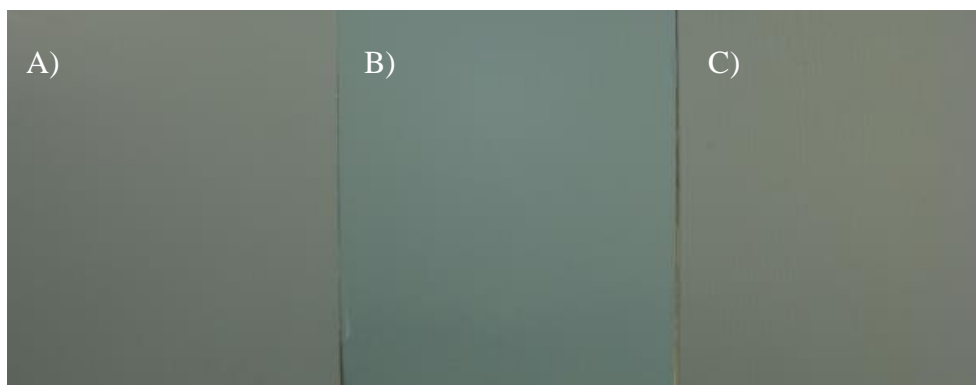


Figura 21 - A) Padrão NCS S 3020R90B; B) Primeira reprodução do padrão NCS obtida pela base de dados sem qualquer alteração; C) Reprodução do padrão com a base de dados otimizada.

Tabela 13 - Exemplos de diferenças de cor registadas nas reproduções do produto PDC para a base ED.

	2040Y70R		3020R90B		6010R10B	
	1ª Reprodução	Reprodução final	1ª Reprodução	Reprodução final	1ª Reprodução	Reprodução final
ΔE_{CMC}	0,98	0,89	5,24	0,87	2,84	1,38
ΔL	0,91	1,10	-2,05	-0,88	1,34	-1,23
Δa	0,01	-0,73	-2,74	-0,45	2,20	0,23
Δb	-0,36	0,87	-1,66	0,10	-1,11	0,49

3.3.2. Base TR

Neste produto a base TR está destinada a cores de tonalidade escura, pois esta não possui na sua constituição dióxido de titânio, sendo que este é introduzido nesta base como pasta pigmento, podendo ser alterado como as demais.

Na Tabela 14 pode-se verificar as alterações efetuadas a esta base, sendo a pasta branca uma das pastas com mais alteração, isto relacionado com o próprio produto, que sendo mate realça o branco nas cores. Nas restantes pastas pigmentos pode-se salientar as modificações das pastas laranja, vermelho de exterior e violeta, que nesta base tem a sua influência muito alterada.

Tabela 14 - Resultados finais do ajustamento às pastas pigmentos na base TR do produto PDC.

Ajuste na força pigmento	
Branco	-40%
Preto	-10%
Ocre	10%
Amarelo de Exterior	
Laranja	-35%
Vermelho exterior	-20%
Magenta	
Violeta	-20%
Azul	
Verde	-5%
Óxido de ferro vermelho	-10%

Nas Figuras Figura 22 e Figura 23 pode-se observar a influência da otimização das pastas vermelha e laranja nas cores reproduzidas. Sendo que na Figura 24 pode-se notar a influência da redução da pasta violeta na otimização da cor. É possível também notar a influência da diminuição da pasta branca na otimização das cores. Na Tabela 15 podem ver-se as diferenças de cor relativas ao padrão NCS para as cores representadas nas figuras.

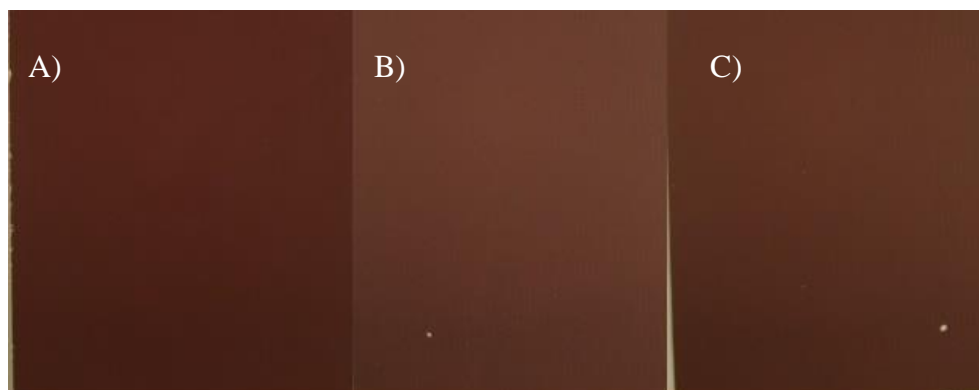


Figura 22 - A) Padrão NCS S 6020R10B; B) Primeira reprodução do padrão NCS obtida pela base de dados sem qualquer alteração; C) Reprodução do padrão com a base de dados otimizada.

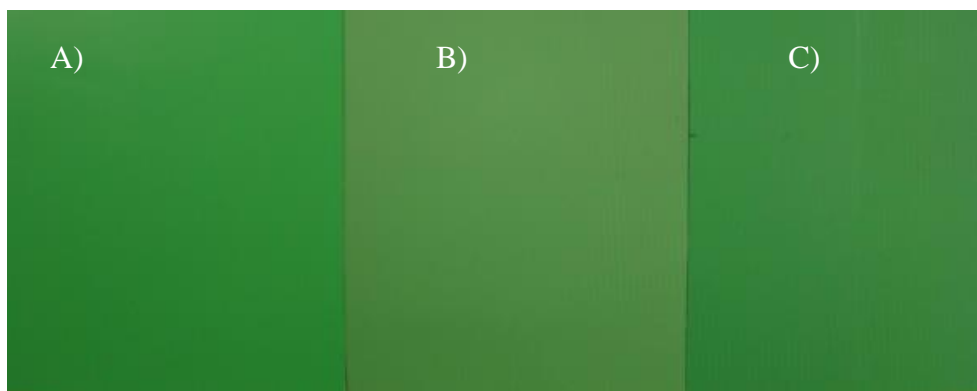


Figura 23 - A) Padrão NCS S 3040G10Y; B) Primeira reprodução do padrão NCS obtida pela base de dados sem qualquer alteração; C) Reprodução do padrão com a base de dados otimizada.

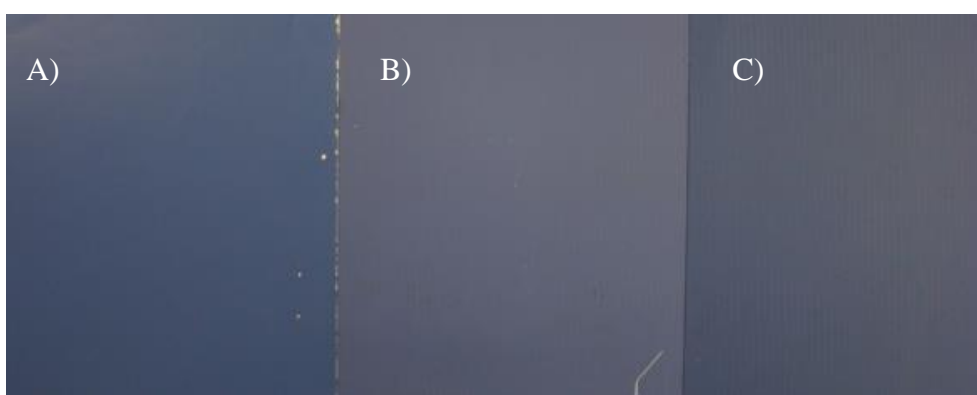


Figura 24 - A) Padrão NCS S 4040R80B; B) Primeira reprodução do padrão NCS obtida pela base de dados sem qualquer alteração; C) Reprodução do padrão com a base de dados otimizada.

Tabela 15 - Exemplos de diferenças de cor registadas nas reproduções do produto PDC para a base TR.

	S6020R10B		S3040G10Y		S4040R80B	
	1ª Reprodução	Reprodução final	1ª Reprodução	Reprodução final	1ª Reprodução	Reprodução final
ΔE_{CMC}	2,02	0,78	2,02	1,07	3,51	1,26
ΔL	1,18	-0,30	0,65	-1,36	3,67	-0,67
Δa	0,72	0,97	2,93	-0,70	0,57	1,23
Δb	1,46	-0,03	1,02	0,37	0,33	0,13

Na Tabela 15 pode-se verificar que a otimização desta base surtiu efeito em termos da diferença de cor, tendo esta diminuído significativamente. Contudo pode-se verificar que no eixo a das cores 6020R10B e 4040R80B terminou-se a otimização com diferenças de cor significativas neste eixo, isto deve-se ao facto da necessidade de encontrar concordância entre as pastas em todas as cores que participam.

4. Conclusões

Neste trabalho foi conseguido atingir o objetivo proposto da criação de três bases de dados de formulação de cor, estando estas prontas a fornecer formulações para qualquer cor pretendida, com as pastas de pigmentos disponíveis para o respetivo produto.

No desenvolvimento destas bases de dados foram reproduzidas mais de 400 formulações de cor de 100 cores padrão, para a otimização das bases de dados. Tendo as cores finais reproduzidas em cada produto, diferenças de cor para a cor padrão, aceitáveis para a utilização destas. Sendo que a utilização destas bases de dados se destina a obter formulações de cor para a afinação de cor, estas podem ainda ser ajustadas para aprovação final da cor no produto.

Relativamente às pastas pigmentos verifica-se que estas possuem comportamentos diferentes quando estão sujeitos a diferentes ambientes, isto é diferentes combinações de pastas pigmentos, tornando a otimização das bases de dados mais difícil.

Com estas bases de dados será possível poupar tempo na afinação das cores, pois as bases de dados fornecem formulações de cor próximas da cor pretendida, podendo ser necessários apenas um ou dois ajustes nas pastas pigmentos para obter a cor pretendida. Permitindo alguns ganhos para a empresa, pois poupa produto na afinação da cor e reduz o tempo de afinação das cores, tornando a resposta ao cliente mais rápida, aumentando a satisfação deste.

5. Bibliografia

1. Nogueira JL. Laboratório: Colorimetria. Noções Básicas de Tintas e Vernizes. ARCP - Associação Rede Competência em Polímeros; p. 115–66.
2. Völz HG. How Color Depend on Spectra. Industrial Color Testing: Fundamentals and Techniques. VCH; 1995.
3. CIN. Manual de Colorimetria e Afinação de cor. 2012.
4. CIE. CIE - International Commission on Illumination [Internet]. [cited 2013 Dec 29]. Available from: http://www.cie.co.at/index.php/LEFTMENUE/index.php?i_ca_id=298
5. IPQ - Instituto Português da Qualidade. Norma Portuguesa NP EN ISO 4618 - Tintas e Vernizes Termos e definições. 2006.
6. CIN. Metodologia de Formulação de Tintas. 2013.
7. Heutz S, Kunnen M. Customized Tinting System Design: Advanced Tinting Systems – An Integrated Concept. 2011;1–12.
8. Zwinkels JC. Colour-measuring instruments and their calibration. Displays. 1996;16(4):163–71.
9. Beering M. Techniques for measuring color. Met Finish. 2010;108(11):386–91.
10. Fundamentals of color and appearance. New Windsor N.Y.: GretagMacbeth; 1998.
11. Olivares JA, Cuppo FLS, Garcı A. Influence of Surface Roughness on the Diffuse to Near-Normal Viewing Reflectance Factor of Coatings and its Consequences on Color Measurements. 2013;38(3):177–87.
12. Völz HG. How Spectra Depend on the Scattering and Absorption of Light. Industrial Color Testing: Fundamentals and Techniques. VCH; 1995. p. 67–127.
13. Judd DB. Color in Business, Science, and Industry. London: John Wiley & Sons; 1952.
14. Malacara D. Color Vision and Colorimetry: Theory and Applications. 2002.
15. NCS Colour. How NCS Works — NCS Colour [Internet]. [cited 2013 Dec 29]. Available from: <http://www.ncscolour.com/en/ncs/how-ncs-works/>

Anexo A – Apresentação da empresa

O Grupo CIN (“Corporação Industrial do Norte”), designado por “CIN” ou “Empresa”, atua como líder no mercado nacional desde 1992 e no mercado ibérico desde 1995, revela-se um dos principais intervenientes no mercado das tintas e vernizes, fornecendo produtos e serviços a um amplo e diversificado conjunto de clientes.

A empresa-mãe do Grupo CIN é a CIN-Corporação Industrial do Norte, S.A. tendo como atividade principal a produção e comercialização de tintas e vernizes, entre outros, e sendo a única empresa portuguesa do sector pertencente ao CEPE (“Conselho Europeu de Fabricantes de Tintas”).

A Empresa dedica a sua atividade a distintos segmentos de mercado: decorativos, industriais, anti corrosão e acessórios.

Missão e estratégia

Como missão a CIN compromete-se com a excelência no abastecimento dos seus produtos, nos serviços prestados, na apresentação das melhores soluções, com a melhor equipa do mercado de tintas e não descuidando da inovação e da qualidade em prol da satisfação dos seus clientes.

Nesse sentido, também a liderança constitui um dos objetivos primários nos mercados em que a CIN opera, tendo relevantes fatores como a quota de mercado e rentabilidade por forma a garantir que a Empresa continue a crescer pela focagem na satisfação dos clientes, conforme referido anteriormente, e pela melhoria permanente do conhecimento e da eficiência dos processos de fabrico e negócio.

Adicionalmente, refira-se ainda que conduzir a atividade empresarial com integridade, respeito pela lei e pelo ambiente faz também parte dos pilares basilares da atividade desenvolvida pela CIN.

Em termos estratégicos a sua expansão será garantida mediante o cumprimento dos seguintes aspetos: (i) desenvolvimento de produtos que antecipem necessidades dos consumidores; (ii) aquisições que garantam sinergias efetivas; (iii) reforço do negócio

nos mercados da Europa do Sul e Norte de África; (iv) modificação constante dos processos de forma a ser reconhecida como um dos criadores de valor.

A CIN pretende o reforço permanente do seu posicionamento no mercado das tintas, intervindo de forma decisiva em mercados que lhe permitam atingir a posição de liderança e para tal focando o seu crescimento num processo de consolidação da organização e de aquisições.

Além dos produtos CIN, Sotinco, NITIN e Barnices Valentine, o Grupo continua a complementar a sua oferta estabelecendo ligações a nível internacional traduzidas em licenças de fabrico, comercialização entre outras operações de naturezas distintas.

Principais acontecimentos históricos

A primeira fábrica de tintas e vernizes associada à marca CIN data de 1917, sendo que se encontrava integrada num conjunto de três unidades fabris que compunham a Companhia Industrial do Norte, SARL, e que produziam, entre outros produtos, óleos, sabões, velas, tintas e vernizes. Tendo sido posteriormente constituída uma nova sociedade com a designação de Corporação Industrial do Norte, Lda. em 1926.

A entrada do Eng.º. António Serrenho na Empresa deu-se em 1950, e revelou-se marcante para o desempenho da atividade da mesma, ao introduzir na empresa uma visão de mundo e práticas de gestão focadas para o cliente, e tendo inclusive sido responsável pela reorganização das funções de produção bem como apostado fortemente no desenvolvimento do mercado industrial.

Nos finais dos anos 50, a CIN assume a liderança, se não em volume de vendas, pelo menos em inovação e reputação no segmento de mercado industrial, que até então era dominado pelas multinacionais Valentine (França) e Robbialac (Reino Unido).

Em 1963, foi então tomada a decisão de implantar uma nova fábrica, capaz de responder ao progresso da empresa numa perspetiva de futuro. Uma nova unidade foi inaugurada em 1966, sita na cidade da Maia, e surgiu como a maior e mais moderna fábrica de tintas em Portugal. Fiel aos contornos da sua origem, este complexo industrial continua a ser a sede da Empresa.

No principiar da década de 70, a CIN reforça a sua aposta no mercado da Construção Civil (tintas decorativas), onde atuava desde sempre mas que tinha perdido importância

face ao desenvolvimento da empresa no mercado industrial, complementando ainda a sua estratégia de expansão a nível nacional (no Continente e Açores, com a progressiva abertura de delegações comerciais).

Com a internacionalização para Angola (1970), Moçambique (1973) e Cabo Verde (já na década de 80), através da instalação de fábricas próprias nos primeiros dois países e do licenciamento da SITA (“Sociedade Industrial de Tintas, S.A.”) em Cabo Verde, a CIN estabelece ligações com várias congéneres estrangeiras, permitindo-lhe obter licenças de fabrico e comercialização de alguns produtos.

Em 1983, a CIN, juntamente com outras empresas congéneres estrangeiras funda uma associação internacional, a Nova *Paint Club*, da qual ainda faz parte, com o objetivo de trocar *know-how* entre os seus membros (inicialmente a nível técnico, na área da indústria, e atualmente também para a Construção Civil, marketing, práticas de gestão e compras de matérias-primas).

Em 1985, é alcançada uma nova etapa com a constituição da CIN em sociedade anónima e com a correspondente alteração da denominação social. A transformação da empresa de uma sociedade por quotas para uma sociedade anónima e a posterior abertura do seu capital ao público, em 1988, colocam a CIN na situação de ser a única empresa do sector com as suas ações cotadas em bolsa.

Em 1989, a CIN reforça o seu processo de crescimento empresarial com a aquisição da concorrente Fábrica de Tintas Lacose, Lda., e posterior aquisição da Sotinco - Sociedade de Tintas de Construção Tingo, S.A., em 1990. Ano em que passa também a integrar o *Coatings Research Group*, com sede em Cleveland, USA, grupo que tem por objetivo a avaliação de novas matérias-primas, produtos e tecnologias no segmento das tintas para a Construção Civil.

No fim de 1994, e aliada à estratégia de internacionalização, a CIN procede à sua primeira aquisição em Espanha adquirindo quase metade do capital da Barnices Valentine (tendo sido adquirido o total controlo sobre esta sociedade em 1999), empresa direcionada para o segmento de tintas decorativas. Desse modo inicia-se o seu posicionamento no mercado ibérico.

Posteriormente, em 1996, a CIN comprou a CROS Pinturas e a Pinturas Lobo, o que lhe permitiu alargar a sua intervenção no segmento de anti corrosão e, em 1997, é de assinalar a aquisição da Faura Castellet, S.A., e a formação de empreendimento

conjunto com o grupo DISA e que em 2001 passou a ser integralmente controlado pela CIN, atualmente denominado por Pinturas CIN Canarias S.A..

A CIN prosseguiu a sua estratégia de crescimento ao adquirir em Maio de 2000 a NITIN - Nova Indústria de Tintas, S.A., em 2002 a aumentou a participação na sociedade francesa Artilin, S.A., (atualmente de 100%) centrada no negócio de revestimentos funcionais (tintas anti insetos, anti ácaros e anti fungos), em 2005, a Empresa Ibercoat, fabricante de tintas em pó, em 2006 a Proitesa, fabricante de tintas de Tenerife, em 2007 a Divisão de Acabamentos Industriais da Robbialac, em 2009 o grupo Celliose com duas fábricas em França e uma filial na China, e em Janeiro de 2010 a Palmcolor, empresa de tintas da Gran Canaria.